

ESTUDIO HIDROGEOMORFOLÓGICO Y ANÁLISIS SEDIMENTOLÓGICO DE LA SECCIÓN ALTA DE LA CUENCA DEL RÍO ARANJUEZ

HYDROGEOMORPHOLOGICAL STUDY AND SEDIMENTOLOGICAL ANALYSIS IN THE UPPER SECTION OF THE ARANJUEZ RIVER BASIN

Francisco J. Solano Mata¹
Denis M. Salas González²

Resumen

Se presenta un estudio sobre la dinámica hidrogeomorfológica asociada a la producción y movilidad de sedimentos en la sección de cuenca alta del río Aranjuez y su relación con el sitio de represamiento del Proyecto Hidroeléctrico El Encanto, implementado por la Compañía Nacional de Fuerza y Luz. Se incluye el conjunto de información generada que permitió identificar el comportamiento hidrodinámico de la sección de cuenca alta del río Aranjuez y además la información geomorfológica requerida y plasmada en la elaboración del mapa Hidrogeomorfológico. Partiendo de la concepción geográfica, se posibilitó la confrontación de los atributos naturales de la cuenca en general, que permiten orientar algunas afirmaciones en el ámbito de la hidrodinámica en una relación significativa con el proceso de intervención y uso de la tierra. La consulta de información generada en torno al proyecto de generación eléctrica, permite extraer aspectos relacionados con la dinámica hidrogeomorfológica y su vinculación al proceso de investigación. El esquema metodológico de este estudio, previó un abordaje en terreno que generó obtener información primaria de caudales y sedimentos en suspensión, medición de depósitos en tránsito, estableciendo los respectivos análisis relacionales afines al período de medición.

Palabras claves: hidrogeomorfológico; análisis sedimentológico; sección alta de la cuenca del río Aranjuez

Abstract

We present a study on the hydro-dynamic associated to both the production and mobility of sediment and the emplacement of the dam site of the El Encanto Hydroelectric Project, built by the Compañía Nacional de Fuerza y Luz. The survey includes a set of information used to identified the hydrodynamic behavior of the river and also the geomorphological information required to prepare the hydrogeomorphological map. To carry out this investigation we collected data on the volume of water, suspended sediment and transportation of sediment which let us to make the correspondent analysis. The geographic conception made possible the confrontation of the natural attributes of the basin, in general, which let us to orient some statements on

¹ Geógrafo. Académico, Escuela de Geografía, Universidad de Costa Rica, Costa Rica. Correo electrónico: francisco.solano@ucr.ac.cr

² Geógrafo. Académico, Escuela de Geografía, Universidad de Costa Rica, Costa Rica Correo electrónico: denissalasg@gmail.com

the hydrodynamics and its meaningful relationship with the intervention process and land use. The information revealed important aspects of hydro-dynamics and their links with the research process.

1. Antecedentes Bibliográficos

1.1 La Geomorfología y su dominio

Llamamos geomorfología a la ciencia que tiene por objeto la descripción y la explicación del relieve terrestre, continental y submarino. Constituye una disciplina de síntesis orientada, especialmente hacia el estudio de uno de los componentes del medio natural. (R. Coque)

El relieve de la Tierra puede reducirse a una serie de unidades topográficas llamadas *vertientes*. Pero dentro de ellas podemos identificar ciertas características comunes que constituyen las *formas de relieve*. La orografía es la ciencia que estudia esas unidades, para lo cual las ha de caracterizar, inventariar y clasificar de manera sistemática. También tratará de las combinaciones posibles entre diferentes unidades de relieve. Estas formas necesitan para su formación grandes períodos de tiempo, el tiempo geológico.

El relieve de la Tierra es un fenómeno complejo que procede de incesantes interacciones de los diferentes componentes del espacio geográfico, es decir de la litosfera, de la atmósfera, de la hidrosfera y de la biosfera. (R. Coque).

En geomorfología podemos diferenciar tres ámbitos de estudio:

La geomorfología estructural trata de los fundamentos litológicos y tectónicos que definen el relieve en la Tierra, de las formas estructurales, de las grandes unidades morfoestructurales y sus contactos, y de las relaciones de la hidrografía con la estructura geológica.

La geomorfología dinámica trata de los procesos elementales de erosión, de los grandes agentes de transporte y de la naturaleza de la erosión, que integra la erosión antrópica y los procesos morfogenéticos.

La geomorfología climática trata de la influencia del clima en la morfogénesis, de los grandes dominios morfoclimáticos, y de las herencias de los sistemas morfoclimáticos del pasado.

Mención especial merece la geomorfología de los litorales, por las peculiaridades de la erosión litoral, y las formas litorales y tipos de costa que observamos, así como la evolución de los litorales.

1.2 Tipos de circulación

Las aguas corrientes o se concentran linealmente o se extienden en superficie, tienen carácter permanente, aunque pueden llegar a ser intermitentes e incluso espasmódicas. Según estos criterios se pueden distinguir ríos, torrentes y arroyos o quebradas..

Ríos

Un río es una corriente de agua permanente que fluye por un cauce desde las tierras altas a las tierras bajas y vierte en el mar o en una región endorreica (río colector) o a otro río (afluente). Estas corrientes se organizan jerárquicamente en redes de drenaje. Los ríos se diferencian por su envergadura y por la complejidad de su régimen hidrológico.

El lecho de un río es la parte más excavada de los valles o las depresiones drenadas. Es el órgano elemental de circulación de las aguas corrientes y en el distinguimos varios elementos que obtenidos del perfil transversal; en realidad de un valle, donde se nos presentan los rasgos morfológicos y en el que se representan las pendientes de las laderas y las secuencias de las terrazas.

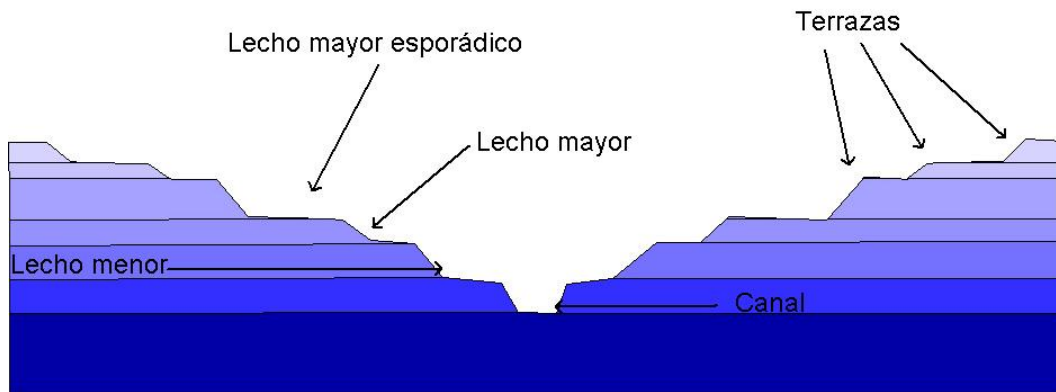
1.3 El perfil transversal hidrológico

El canal es una incisión en forma de artesa que contiene un río y que ha sido creada por el agua que corre en él, es la zona donde el agua corre con mayor velocidad en el fondo del río y el punto más bajo del lecho.

El lecho menor es el cauce por la que corre el agua de un río en épocas de estiaje, incluye el *canal*. Sus márgenes están bien definidas, por lo que está delimitado claramente. Presenta una alternancia de zonas hundidas (surcos y pozas) y de fondos altos (umbrales), que pueden llegar a formar *islas fluviales*.

El lecho mayor es el cauce del río cubierto por el agua en época de máximo caudal anual, es una zona que se inunda todos los años. Este lecho ofrece un perfil transversal alomado, debido a los resaltes de ribera que dominan el lecho menor, hasta el punto de que pueden aparecer contrapendientes que aíslan pequeñas depresiones longitudinales.

El lecho mayor esporádico es la zona de inundación de un río en las grandes crecidas. No todos los años se inunda, por lo que está colonizado por la vegetación, frecuentemente está cultivado y hasta se ha construido en él. No se distingue topográficamente de los alrededores.



Este perfil transversal se difumina en los cursos de agua intermitentes o irregulares.

Tipos de lecho

Como consecuencia de los procesos de erosión, transporte y acumulación se produce el modelado de los lechos fluviales, tendiendo al equilibrio entre la corriente y el caudal. Distinguímos básicamente dos tipos de lecho: el *lecho de erosión* y el *lecho móvil*.

Los lechos de erosión son aquellos que se desarrollan sobre roca cristalina, o materiales que la corriente no puede desplazar, con fragmentos grandes. El modelado realizado por el agua en este tipo de lechos es muy escaso, es necesaria la existencia de partículas que ejerzan una labor de abrasión.

Los lechos móviles son aquellos cuyo modelado se desarrollan directamente en función de las leyes de la dinámica fluvial, por lo que su morfología no depende de los medios climáticos. Su geometría cambia con relativa rapidez. Durante las crecidas existen fenómenos de zapa, mientras que durante los períodos de estiaje se dan fenómenos de acumulación.

Dentro de este tipo de lechos se distinguen: los lechos calibrados son los que se caracterizan por tener unas márgenes y una configuración estables, ya que la movilidad se reduce al fondo del canal, sin incidencia de la zapa o la sedimentación lateral. Parte de la cara se sedimenta en el fondo, y en él aparecen pequeñas ondulaciones en sentido transversal a la corriente (ripples), o sucesiones de bancos y surcos de mediano tamaño que se van moviendo con la corriente, muy similares a los que aparecen en las playas.

Luego están los lechos meandriiformes que son aquellos que están controlados por la dinámica y la geometría de los meandros; los lechos trenzados o anastomosados, que se caracterizan porque dentro de ellos las aguas circulan en brazos elementales que recorren una vertiente y están separados entre sí por bancos emergidos (bancos aluviales). Son propios de las llanuras aluviales de los cursos bajos de los ríos y de los tramos donde la sedimentación es más importante que el transporte del material, y

garantizan que la deposición de derrubios no impedirá el avance de la corriente, ya que buscan rápidamente trayectorias secundarias cuando el lecho principal se colmata.

También merecen atención los lechos torrenciales, que combinan elementos morfológicos de los lechos de erosión y los móviles. Se caracterizan por su fuerte pendiente y por los ciclos de profundo estiaje y grandes crecidas, cuando se ponen en movimiento de forma generalizada todos los fragmentos. En la cabecera, los fragmentos evacuados son repuestos por otros que hasta el momento se encontraban en las laderas (sustitución de la carga). Su anchura es variable, y en su perfil longitudinal hay frecuentes rupturas de pendiente, todo ello según la naturaleza de la roca. Al final del recorrido se encuentran los *conos de deyección*, sobre los cuales aparecen lechos anastomosados.

Teniendo en cuenta la dirección de un río, mirando desde la cabecera a la desembocadura, distinguimos un margen derecho y un margen izquierdo.

1.4 Condiciones hidrodinámicas

No podemos considerar a los ríos como líneas dibujadas en la superficie de los continentes, sino más bien como corrientes de agua que fluyen sobre franjas que ocupan una cierta superficie, y dentro de las cuales existen diferencias de velocidad del flujo. La velocidad depende de la rugosidad del lecho, ya que cuanto más rugoso más resistencia ofrece al desplazamiento del fluido.

Según su velocidad, el flujo de agua puede ser laminar o turbulento. En el flujo laminar los hilos de agua se desplazan paralelamente, con mayor rapidez cuanto más en el centro de la corriente esté. El conjunto es similar al deslizamiento de láminas superpuestas. Es propio de lechos uniformes y estables. En el flujo turbulento los hilos de agua dibujan trayectorias complejas en forma de torbellinos. Podemos encontrar desde ejes horizontales, en el fondo, a ejes verticales, en las orillas. El diámetro del torbellino es variable. Los movimientos helicoidales son propios de las pendientes fuertes y los periodos de crecidas. Casi la totalidad del trabajo erosivo de los ríos se debe a estos movimientos helicoidales, capaces de levantar verticalmente los materiales del fondo, para que sean arrastrados por la corriente. Cuanto más rugoso sea el lecho más movimientos helicoidales se observarán.

La velocidad del flujo depende de la pendiente del perfil longitudinal y de la cantidad de agua, ya que es la gravedad la que impulsa la escorrentía fluvial. Pero también influye en la velocidad la configuración del lecho: su amplitud, profundidad y rugosidad. Será mayor cuanto más alto sea el radio hidráulico. Si es cierto que la mayor cantidad de agua hace aumentar la velocidad del flujo, también lo es que esto sólo es cierto si la crecida se mantiene dentro de los límites del lecho, ya que si los desborda la relación entre sección húmeda y perímetro mojado se invierte, cambiando de sentido, y como consecuencia disminuyen la velocidad y la turbulencia. En estos casos, la acción del río

es la de acumulación, formándose en las zonas adyacentes llanos de inundación y llanuras aluviales.

Torrentes

El torrente es un curso de montaña cuya gradiente hidráulica fomenta la movilidad de grandes excedentes de agua y materiales a nivel de lecho. En las zonas tropicales son complejos, presentando tres elementos: la cuenca de recepción, en forma de embudo, el canal de desagüe, por donde circulan las aguas, y el cono de deyección, en la desembocadura. El lecho es torrencial y rocoso, con una fuerte pendiente.

Cuando la arroyada concentrada, en los torrentes, es capaz de modelar amplias áreas, se definen siempre ejes de drenaje o colectores de la escorrentía. Estos ejes reciben el nombre de red integrada turbulenta, la cual, tiene la capacidad de concentrar no solamente el agua de excedente sino el material variado erosionado, que alcanza el lecho fluvial. Se combinan, así los procesos de transporte, con agua, y de acumulación, en periodos lluviosos, teniendo la capacidad de formar significativos sistemas de cárcavas y zonas de erosión concentrada.

2. Revisión de bibliografía en torno a la cuenca del río Aranjuez asociado a su comportamiento hidrodinámico

2.1 Estudio de prefactibilidad, proyecto el Encanto, 1996, CNFL. (Informe Final y Borrador de informe Final-1998)

2.2 Del Estudio de impacto ambiental

El ambiente

Como área de influencia directa se definió una zona de la cuenca media del Río Aranjuez 500 m aguas arriba y 500 m aguas abajo de los sitios de obra. El área de influencia indirecta comprende toda la cuenca alta del río.

*“Las áreas de influencia se determinaron de acuerdo al criterio del grupo interdisciplinario participante en este estudio. El área directamente afectada o **área del proyecto** (AP) corresponde a la porción de terreno afectada en sí misma por las obras de casa de máquinas y patio de transformadores (550 m²), instalaciones temporales para oficina y campamentos (1 Ha), áreas de botadero y préstamo (3 Ha), caminos nuevos y ampliaciones (10 Ha), embalse y antecámara (0,5-1 Ha), tramo de tubería de presión (0,2 Ha) y 39 Km de líneas de transmisión. El total aproximado de las obras superficiales es alrededor de 15 Ha; siendo la mayoría obras subterráneas: 500 m de túnel, 7,45 km de tubería de conducción (Fig.3).*

Como **área de influencia directa** (AID) (Fig. 2) se considera aquella donde se reciben los impactos sobre el medio biológico, físico y humano de la actividad del proyecto en forma directa. En este caso, se definió un área desde el poblado de Bajo Caliente hasta 1 km aguas abajo de la descarga. Sobre el área de influencia directa, que comprende 3.050 Ha, se trabajarán los mapas temáticos de este estudio. El **área de influencia indirecta** (AII) es bastante extensa, incluyendo toda la cuenca del Río Aranjuez desde la divisoria de aguas en la Sierra Minera de Tilarán hasta 1 km aguas abajo de la descarga, comprende 11.400 Ha.”.

Geología

El entorno geológico regional corresponde a materiales de origen volcánico, básicamente rocas ígneas intrusivas. Las rocas presentes en la zona están diferenciadas en varias formaciones geológicas denominadas Complejo Aguacate, Formación Guacimal, Formación Monteverde y Depósitos lacustres cuaternarios. En lo que se refiere a la geología local se identifican varias unidades geológicas aflorando en el área del proyecto, tres de origen ígneo (intrusivo de Guacimal y formaciones volcánicas) y una sedimentaria (terrazas aluviales)

De acuerdo con información geológica regional en la zona afloran materiales ígneos de lavas, tobas, andesitas cubiertas por suelos lateríticos de la Formación Monteverde del Grupo Aguacate, además de Intrusivos Adamelíticos de Guacimal. Una Unidad geomorfológica del sector se caracteriza por la presencia de divisorias angostas y valles cerrados y profundos e inclusive fuertes escarpes asociados a los ríos Aranjuez y Aranjuecito. En esta unidad se observan relictos de bosque hacia el NE, también trazas de deslizamientos de importante magnitud en sectores donde nacen algunas quebradas en la margen derecha e izquierda del Río Aranjuez. La otra Unidad presenta menor pendiente y una topografía casi plana en algunos sitios.

El entorno geológico regional corresponde a materiales de origen volcánico, básicamente rocas ígneas intrusivas. Las rocas presentes en la zona están diferenciadas en varias formaciones geológicas denominadas Complejo Aguacate, Formación Guacimal, Formación Monteverde y Depósitos lacustres cuaternarios.

Morfodinámica

La mayor parte del área de influencia directa (63%) muestra fuertes pendientes que oscilan entre 30 y más de 75%, siendo esta última categoría la más común. Es un espacio geográfico donde predominan los taludes de erosión con fondo valles en “v”. Debido a estas características y a los tipos de suelo poco consolidados, hay procesos

erosivos importantes, los cuales obligan a mejorar las condiciones de manejo de la cuenca.

En la parte norte de la cuenca se localiza un área importante de deslizamiento activo en el Cerro Arancibia del Cantón de Montes de Oro. Este deslizamiento es de tipo de bloques rodados, donde los factores de activación del mismo, son: la infiltración de las aguas superficiales y la gravedad, además de la alta pendiente y el sobrepeso de los árboles. El material movilizado por un gran derrumbe el año 2000, abarca en la actualidad un área aproximada de 200 Ha y está conformado por una masa de bloques de roca, barro, escombros y árboles. Este derrumbe sepultó la pequeña laguna ubicada al pie del anterior talud y dejó descubierto los afluentes que alimentaban esta laguna. En la actualidad, en esta zona se está volviendo a formar otra nueva laguna, donde anteriormente estaba.

Este deslizamiento, según la CNE y lo observado en el campo, fue provocado en parte por la precipitación y las aguas infiltradas, pero el mayor punto de activación lo constituye el desprendimiento de bloques por efectos de volcamiento debido a su propio peso y las pendientes tan verticales del talud. Estos cerros están constituidos por materiales de origen volcánico, sumamente duros pero también sumamente diaclasados, factores que combinados con laderas de alta pendiente, con mucha vegetación arbórea y escasos espesores de suelos, los hacen muy susceptibles a desarrollar derrumbes y desprendimientos de material en cortes casi verticales, ejemplo que se observa a la par del cerro deslizado en Arancibia.

La zona de topografía plana la cual empezaba al pie del cerro deslizado, se encuentra en la actualidad sepultada por el depósito de materiales desplazados. La otra parte de estos escombros se encuentra sobre el cauce del Río Veracruz, el cual como se indicó anteriormente, ha empezado a abrir camino sobre estos escombros. Según geólogos de la CNFL, la ventaja que tiene este tramo del cauce del Veracruz, es que por estar naciendo el río, el caudal del mismo es muy pequeño y no implica una eventual amenaza de movilizar la enorme masa de bloques de roca y escombros depositada por el deslizamiento. Además, por la magnitud del caudal que presenta, el valle tiene una mayor capacidad de absorción que la desarrollada por el río. Sin embargo, se debe tener en consideración el aporte de sedimentos, escombros y bloques que pueda aportar este deslizamiento sobre el cauce del río, con el fin de preveer posibles represamientos

que conformen avenidas posteriores afectando las obras civiles y las comunidades aledañas.

En general, los perfiles del terreno analizados están sobreyacidos por una capa somera de limos poco plásticos, con bloques. Estos limos están subyacidos por materiales rocosos de origen volcánico. En diferentes cortes en la zona se pueden apreciar claramente los perfiles de meteorización típicos de ambientes volcánicos. Desde un punto de vista geotécnico, los materiales rocosos pueden clasificarse básicamente en dos: una zona de bloques embebidos en una matriz limo-arenosa y una zona de rocas lávicas muy fracturadas, con sus discontinuidades distribuidas, en términos muy generales, en forma subhorizontal y subvertical. Estos sistemas de fracturas dan origen a bloques columnares y en forma de lajas, que pueden ser muy desfavorables para la estabilidad de los taludes.

En la evaluación de la amenaza sísmica determinística, de acuerdo a las características sismotectónicas del área de estudio, se deduce que el fallamiento cortical somero es el que más podría generar consecuencias adversas. La zona de subducción se encuentra a unos 80 km bajo el sitio y es capaz de generar sismos de magnitudes entre 7,5 y 7,7. Sin embargo, los investigadores que han estudiado la región sostienen que las evidencias de un intenso fallamiento en la zona de estudio abundan y, como se mencionó, las fallas del extremo sureste de la Cordillera de Tilarán están en el presente experimentando un período prolongado de quietud, lo que podría implicar una reactivación en un futuro cercano.

Como se mencionó anteriormente son las fallas someras corticales las que aportan más amenaza sísmica en el sitio de estudio. Estos sistemas encuentran su origen a partir de los movimientos y deformación de las placas tectónicas, que generan una deformación primaria de segundo orden a profundidades bajas (de 0 a 30 Km.). Esto provoca la aparición de fallamientos inversos y transcurrentes que pueden ocasionar sismos de considerables proporciones.

Precipitación

La cuenca está influenciada en las regiones media y baja por el clima que rige en la Vertiente del Pacífico Norte de Costa Rica y en la parte alta durante los meses de diciembre a marzo por el régimen lluvioso de la Vertiente del Caribe. En ambas vertientes se dan acentuadas variaciones espaciales y temporales en la precipitación. En la cuenca media llueve desde 1.750 mm/año hasta casi 3.000 mm/año en la parte alta.

La cuenca está influenciada en las regiones media y baja por el clima que rige en la Vertiente del Pacífico Norte de Costa Rica y en la parte alta durante los meses de diciembre a marzo por el régimen lluvioso de la Vertiente del Caribe. En ambas

vertientes se dan acentuadas variaciones espaciales y temporales en la precipitación, causadas principalmente por la interacción del viento con componente oeste (escala sinóptica y local) y la pronunciada orografía.

En la figura anterior se puede observar que las estaciones Lagarto y Nagatac, siguen un mismo patrón en el comportamiento mensual de la precipitación. Se distingue la época seca definida entre los meses de diciembre a abril, registrándose el mínimo durante los meses de enero y febrero. El período lluvioso se define entre los meses de mayo a octubre con el máximo en el mes de setiembre y un mínimo relativo en el mes de julio. La precipitación registrada durante los meses de diciembre a abril representa en promedio un 4.0% del total anual.

Por otra parte, la estación Montes de Oro localizada en la parte alta de la cuenca del Aranjuez registra una mayor precipitación durante los meses de diciembre a abril, el total de estos meses representa un 18,5 % con respecto al total anual. El valor máximo se registra durante el mes de octubre y el mínimo en el mes de abril. Durante el mes de julio la precipitación se incrementa por influencia del régimen lluvioso de la Vertiente del Caribe.

Hidrología

El caudal promedio estimado de todo el registro en el sitio de toma Encanto es 4,60m³/s, el máximo estimado para octubre es 10,2 m³/s y el mínimo en abril de 1,68 m³/s.

Aguas subterráneas

A lo largo de la línea de conducción de agua no se esperan efectos sobre la hidrogeología. En la zona de influencia directa del P.H. Encanto no se ha identificado ninguna formación geológica que pueda ser considerada como acuífero. El Proyecto no implica la generación de impactos medibles en el sistema de flujo de agua subterránea en la zona.

Movimientos en masa y erosión

En el área del Proyecto hay taludes de erosión y procesos de soliflucción susceptibles a remoción en masa. No son una amenaza importante por su ubicación respecto a las estructuras a construir. Lo que si representa una amenaza directa y potencialmente destructiva es la acumulación de materiales sobre el cauce del Río Veracruz provenientes del deslizamiento del Cerro Arancibia.

Las dos unidades geomorfológicas presentes en el área del Proyecto, taludes de erosión y procesos de soliflucción, son susceptibles a la ocurrencia de procesos de

remoción en masa, ya sea por desprendimiento de materiales por gravedad o por deslizamiento y reptación. Sin embargo no se espera que dichos procesos, por su naturaleza o por su ubicación relativa con respecto a las estructuras del Proyecto, representen una amenaza de consideración. Aunque se deberá poner atención a los procesos erosivos y contribuir al mejoramiento de las condiciones de manejo de la cuenca.

Lo que si representa una amenaza directa y potencialmente destructiva es la acumulación de materiales sobre el cauce del Río Veracruz, provenientes del deslizamiento que en junio del año 2000 afectó la zona de Arancibia, particularmente el Cerro Silencio. La cola de estos materiales se encuentra a escasos metros de la comunidad de Bajo Caliente, y aún no se tienen suficientes estudios que permitan estimar su comportamiento en época de lluvias ni la velocidad de su desplazamiento. En estas condiciones cualquier inversión en la zona amerita evaluar con precisión y de previo, el comportamiento de estos materiales.

Flora

Se observaron extensos parches de bosque primario únicamente en el área inmediata al sitio de presa, extendiéndose unos 2 km aguas arriba y otros 5 kms río abajo. En el resto del área de estudio se observaron charrales, tacotales, pastizales abandonados, pastizales en uso extensivo y bosques secundarios jóvenes. El paso de la conducción de agua y el pequeño embalse antes de casa de máquinas están en zonas sin cobertura arbórea.

La vegetación a lo largo de estas quebradas, así como a lo largo de las márgenes del Aranjuez, no se observó dañada por las posibles crecidas, las cuales según los pobladores locales ocurren durante la estación lluviosa. Es probable que las orillas y los fondos rocosos confieran estabilidad a la vegetación riparia. Por las fuertes pendientes y la dificultad de acceso al Río Aranjuez, cerca del sitio de Presa, se ha mantenido este parche de cobertura prístina protegido de la extracción maderera.

*El bosque se caracteriza por una alta riqueza de especies, hay más de 25 especies arbóreas (Cuadro 10 en Apéndice 3); tiene un dosel de altura considerable de 20 a 30 m de altura y una gran heterogeneidad en la distribución de tamaños de tallos de plántulas de las especies dominantes en el dosel, juveniles y árboles adultos. Entre las especies más comunes observadas predominan el Javillo (*Hura crepitans*, Euphorbiaceae) y el Espavel (*Anacardium excelsum*, Anacardiaceae), ambas localizadas principalmente en las márgenes de las quebradas, en especial *Anacardium**

Los terrenos inmediatamente anteriores al sitio de presa (aguas arriba) son utilizados para ganadería extensiva, siendo esta la actividad económica principal; aunque en las partes altas de la cuenca se realiza agricultura de subsistencia y se cultiva café en pequeña escala.

Las características de topografía abrupta, suelo rocoso con una capa orgánica reducida y vientos fuertes en las colinas, hacen difícil la implementación de actividades agrícolas a gran escala. Las cumbres de las colinas están deforestadas y con signos evidentes de erosión debido al sobrepastoreo. Este tipo de actividad ganadera representa un problema potencial para la conservación de la cuenca, la cual debe ser protegida mediante un programa intensivo de reforestación respaldado por incentivos económicos.

Es importante recalcar que se observaron sitios cuyas pendientes y tipo de suelos hacen riesgoso el establecimiento de vegetación arbórea aproximadamente 2 km aguas arriba del sitio de presa, en lugares donde el río describe meandros muy pronunciados. El peso de árboles o arbustos podría favorecer la ocurrencia de derrumbes en estas áreas. Se recomienda entonces utilizar cobertura herbácea, la cual estabilizaría el suelo además de que no representaría un peso considerable.

Se encontró también el uso frecuente de fuego, como práctica para controlar la regeneración natural de las zonas de pastoreo. El fuego en muchos casos penetra al bosque secundario y destruye los brinzales, plántulas y semillas necesarias para la regeneración, a la vez induce daños a árboles adultos retardando de esta manera su capacidad de reproducción. El bosque en la finca del Sr. Carlos Jinesta localizado a lo largo de la Quebrada Orejero, fue quemado y talado totalmente hace 10 años (Rafael Gonzalez Rojas, com. pers) y, en donde actualmente existe un bosque secundario con una altura de dosel de 10 a 15 m.

Fauna

Se identificó un total de 125 especies de vertebrados terrestres. La mayoría de las especies observadas, son comunes y de un ámbito amplio de distribución, lo cual está acorde con el tipo de hábitat dominante en la región de pastos y tacotales.

Recursos acuáticos

Las actividades del Proyecto tendrán influencia directa sobre 6 km del Río Aranjuez, un río de aguas limpias, con una fauna acuática de diversidad media y con 2 especies migratorias, el pez machín y el camarón de río.

La cobertura boscosa en el área del proyecto es escasa, existen en la parte alta de la cuenca más de 1000 Ha de bosques privados, que forman parte de un programa de protección a través del Fondo Nacional Forestal (Convenio FONAFIFO-CNFL S.A.). También hay parches de bosque en las márgenes del río, principalmente en las zonas de más pendiente. Sin embargo, la mayor parte de la cuenca fue deforestada hace 50 años, donde se practica una ganadería extensiva. La fauna silvestre de la región debió ser una mezcla interesante de especies dados los varios tipos de zonas de vida. Sin embargo, dicha fauna tan diversa en la actualidad está compuesta por relativamente pocos representantes debido al deterioro del hábitat que presenta la región. El Proyecto El Encanto está localizado cerca de la región noroeste del país cuyas comunidades faunísticas son de afinidad con las de tierras bajas y secas de Centroamérica. No obstante, por su ubicación incluye elementos de altitudes medias y de zonas altas más afines con bosques húmedos.

2.3 Proyecto hidrológico el Encanto. Informe Hidrológico. Noviembre 1995, Boletín Hidrológico N° 20, ICE, 1993, Boletín N°3 Sedimento en suspensión, ICE, 1993

Tablas y gráficos de referencia espacial

3. Recolección de muestras

3.1 Tabla resumen

Tabla con cantidades de muestras recolectadas en campo (SS-granulometrías-peso de material-fotos en campo-movilidad de materiales)

Fase trabajo de campo y laboratorio						
Sitio	Granulometría	Datos de Caudal	Sedimentos en suspensión	Parámetros de calidad de agua	Muestras de agua	Peso de materiales
Río Aranjuez Cedral	10	25	17	25	25	3
Q. Honda	9	24	17	24	24	3
Q. Azufrada	9	24	17	24	24	3
Q. Espavelar	2	6	5	6	6	3
Río Aranjuez Bajo Caliente	9	24	17	24	24	3
Río Veracruz	10	24	17	24	24	3

Fuente: Trabajo de campo y laboratorio, 2003

3.2 Clasificación de las fotos

En el siguiente esquema se incluyen los diferentes ámbitos temáticos que permiten la determinación de los fenómenos asociados a la morfodinámica e hidrogeomorfología evidenciada en la sección alta del río Aranjuez.

Evidencia Tectónica

Buzamiento, Falla y Escarpe de línea de falla



Formaciones Superficiales

Formación residual (arcilla / finos), Disgregación granular



Estudio hidrogeomorfológico y análisis sedimentológico de la sección alta de la Cuenca del Río Aranjuez

Francisco J. Solano Mata, Denis M. Salas González

Transporte de Materiales

Depósito de bloques, Depósito de cantos y bloques, Depósito de gravas y cantos, Depósito de arenas y finos, Depósito de limo-arcilloso, Depósito de arcillas (solamente finos)

Modelado de interfluvios

Derrubios de gravedad, Desprendimientos, Cicatriz de desprendimiento, Despegue de paquetes, Colada de barro, Lóbulos de solifluxión, Caída de rocas, Terracillas, Cárcavas, Barrancos, Conos de deyección, Valle de fondo plano



Estudio hidrogeomorfológico y análisis sedimentológico de la sección alta de la Cuenca del Río Aranjuez

Francisco J. Solano Mata, Denis M. Salas González

Acciones fluviales

Cascada, Rápidos, Bancos laterales, Lechos irregulares, Lecho calibrado, Erosión lateral



Acciones fluviales antropicas

Infraestructura de calibración de lechos fluviales, Vados y caminos de paso, Estructuras de retención de taludes y puentes, Diques u otras obras fluviales, Canales de desviación, Contaminación, Tajos y rellenos



Estudio hidrogeomorfológico y análisis sedimentológico de la sección alta de la Cuenca del Río Aranjuez

Francisco J. Solano Mata, Denis M. Salas González

Infraestructura

Caminos, Puentes, Asentamientos o casas, Cunetas y caños de aguas fluviales



Cobertura y Uso de la Tierra

Coberturas densas naturales, Coberturas densas asociadas a cultivos, Ganadería extensiva, General



Sitios Específicos

Estudio hidrogeomorfológico y análisis sedimentológico de la sección alta de la Cuenca del Río Aranjuez

Francisco J. Solano Mata, Denis M. Salas González

Aranjuez – Cedral, Quebrada Honda, Quebrada Azufrada, Aranjuez - Bajo Caliente, Río Veracruz, El Encanto

Evidencia del comportamiento climático

Incurción de vientos y masas nubosas, Tipo de precipitación

Deslizamiento de Arancibia

Paisaje General Conformación de diversos ambientes (laguna, cursos fluviales,etc), Disgregación y movilidad de materiales, Uso actual tierra



Evidencias en el relieve o en cursos fluviales ante eventos extremos

Nivel de agua en curso, Movimientos en masa, Aguas turbias, Aguaceros intensos, Daño en infraestructura civil

Eventos Extremos

Aguaceros intensos, Aguas turbias, Daños, Nivel de agua en curso, Movimientos en masa

4. Caracterización de material

Estudio hidrogeomorfológico y análisis sedimentológico de la sección alta de la Cuenca del Río Aranjuez

Francisco J. Solano Mata, Denis M. Salas González

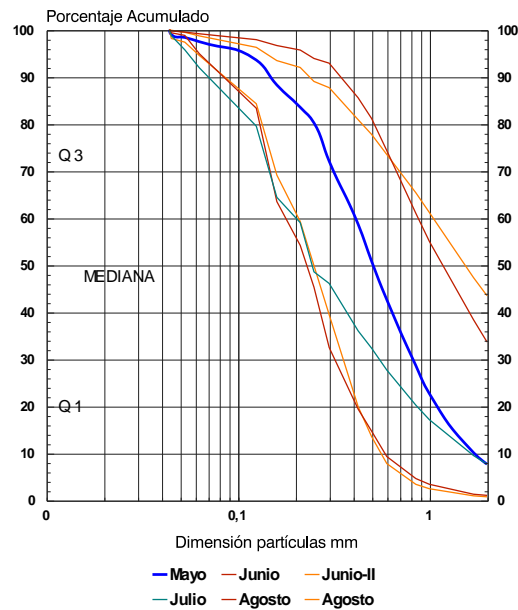
Se presenta por sitio de muestreo, la configuración granulométrica de diferentes depósitos en tránsito identificados a nivel de curso fluvial en la sección de cuenca alta del río Aranjuez, procesados en el Laboratorio de Geomorfología.

Se permite hacer una clasificación previa de la fase semigruesa del material transportado en función al comportamiento hidrodinámico.

4.1 Quebrada Azufrada

4.2

Cuenca del río Aranjuez - Q. Azufrada Proyecto Hidrogeomorfología



Trabajo de campo y laboratorio, 2003

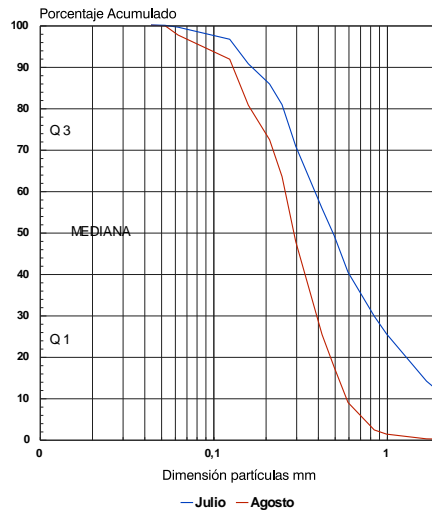
FRACCIONES GRANULOMETRICAS
GRAVA GRUESA MAS DE 2 mm GRAVA FINA 1-2 mm
ARENA GRUESA 0,5-1 mm ARENA MEDIA 0,25-0,5mm
ARENA FINA 0,1-0,25 mm MUY FINA 0,05-0,1 mm

Estudio hidrogeomorfológico y análisis sedimentológico de la sección alta de la Cuenca del Río Aranjuez

Francisco J. Solano Mata, Denis M. Salas González

4.2 Bajo Caliente

Cuenca del río Aranjuez - Bajo Caliente Proyecto Hidrogeomorfología



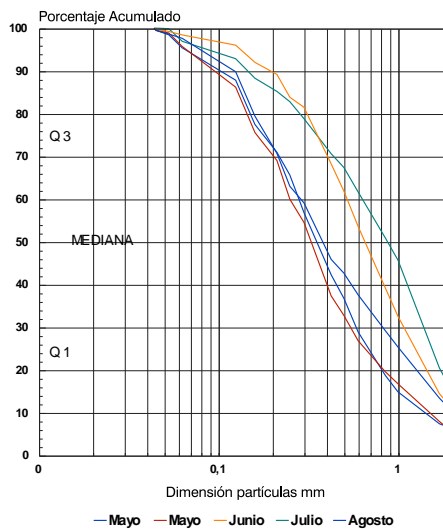
Trabajo de campo y laboratorio, 2003

FRACCIONES GRANULOMETRICAS

GRAVA GRUESA MAS DE 2 mm GRAVA FINA 1-2 mm
ARENA GRUESA 0,5-1 mm ARENA MEDIA 0,25-0,5mm
ARENA FINA 0,1-0,25 mm MUY FINA 0,05-0,1 mm

4.3 Río Aranjuez - Cedral

Cuenca del río Aranjuez - Cedral Proyecto Hidrogeomorfología



Trabajo de campo y laboratorio, 2003

FRACCIONES GRANULOMETRICAS

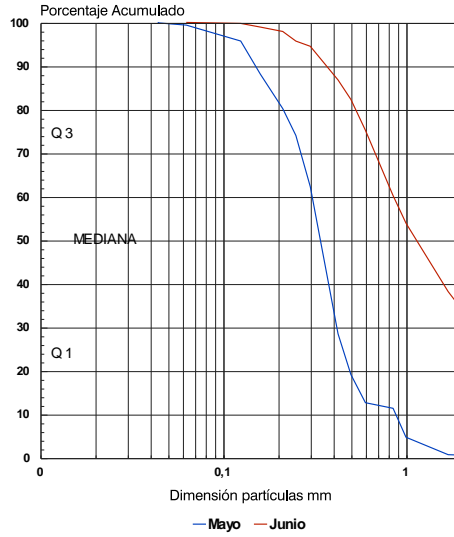
GRAVA GRUESA MAS DE 2 mm GRAVA FINA 1-2 mm
ARENA GRUESA 0,5-1 mm ARENA MEDIA 0,25-0,5mm
ARENA FINA 0,1-0,25 mm MUY FINA 0,05-0,1 mm

Estudio hidrogeomorfológico y análisis sedimentológico de la sección alta de la Cuenca del Río Aranjuez

Francisco J. Solano Mata, Denis M. Salas González

4.4 Río Aranjuez – El Encanto

Cuenca del río Aranjuez - El Encanto
Proyecto Hidrogeomorfología



Trabajo de campo y laboratorio, 2003

FRACCIONES GRANULOMETRICAS

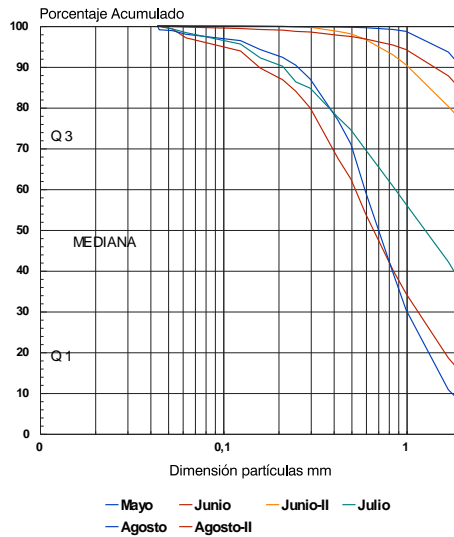
GRAVA GRUESA MAS DE 2 mm GRAVA FINA 1-2 mm
ARENA GRUESA 0,5-1 mm ARENA MEDIA 0,25-0,5mm
ARENA FINA 0,1-0,25 mm MUY FINA 0,05-0,1 mm

Estudio hidrogeomorfológico y análisis sedimentológico de la sección alta de la Cuenca del Río Aranjuez

Francisco J. Solano Mata, Denis M. Salas González

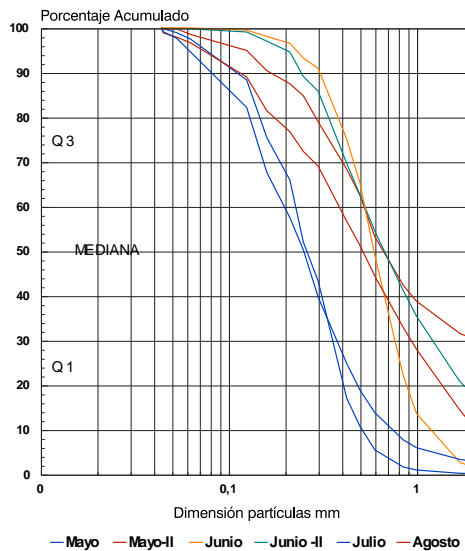
4.5 Quebrada Honda

Cuenca del río Aranjuez - Q. Honda Proyecto Hidrogeomorfología



4.6 Río Veracruz

Cuenca del río Aranjuez - Veracruz Proyecto Hidrogeomorfología



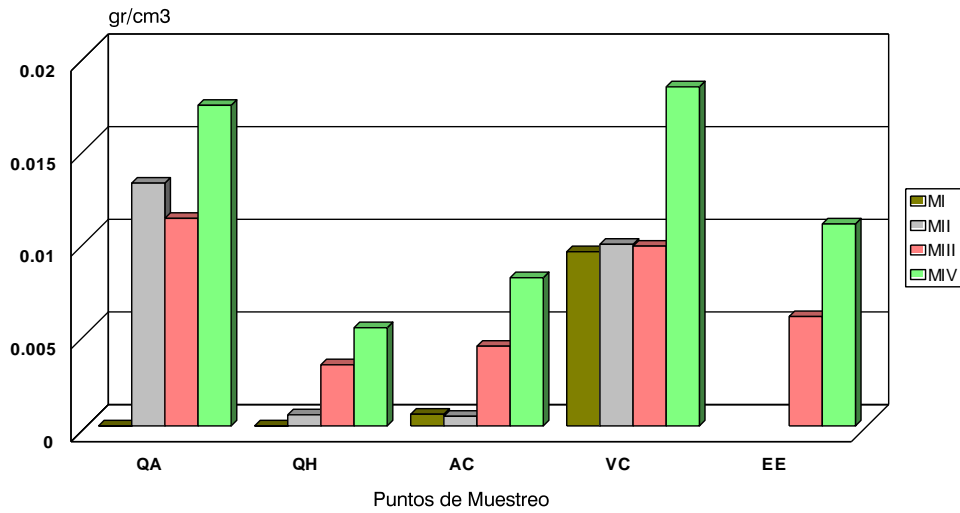
5. Caudales – Tablas y gráficos

Estudio hidrogeomorfológico y análisis sedimentológico de la sección alta de la Cuenca del Río Aranjuez

Francisco J. Solano Mata, Denis M. Salas González

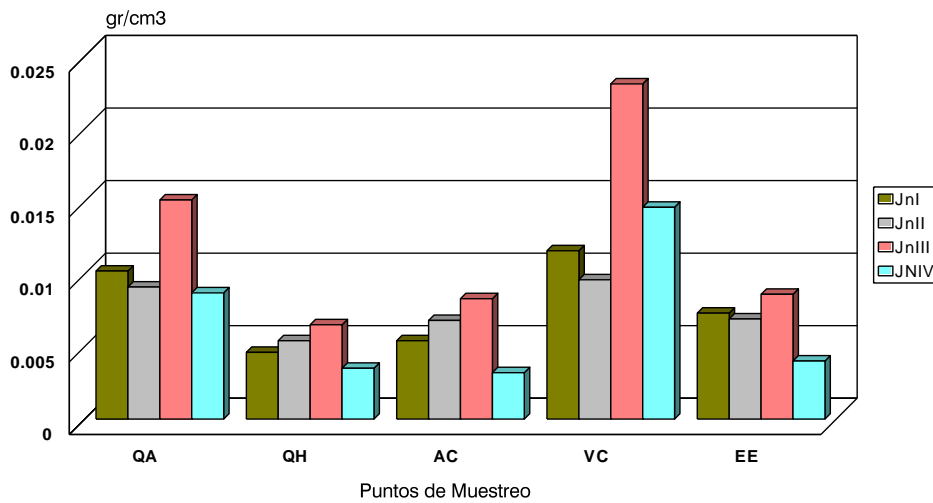
5.1 Caudales – sedimentos en suspensión tablas y gráficos

**Proyecto Cuenca del rio Aranjuez-Miramar
Calculo de Solidos Totales- Mayo 2003**



Trabajo de campo y laboratorio, mayo/2003

**Proyecto Cuenca del rio Aranjuez-Miramar
Calculo de Solidos Totales- Junio 2003**



Trabajo de campo y laboratorio, junio/2003

Estudio hidrogeomorfológico y análisis sedimentológico de la sección alta de la Cuenca del Río Aranjuez

Francisco J. Solano Mata, Denis M. Salas González

Proyecto Río Aranjuez- Miramar de Puntarenas.
Sitio de muestreo Quebrada Azufrada

Semana	Ancho de Cause	Caudal	Sedimentos (gr/50cm ³)
MI	Nd	Nd	Nd
MII	2,65	0,037	Nd
MIII	2,8	0,0743	Nd
MIV	3,4	0,513	Nd
JnI	3,8	0,576	Nd
JnII	4,3	0,577	Nd
JnIII	3,8	3,825	0,0087
JnIV	3,8	1,094	Nd
JLI	4,1	0,75	0,0001
JLII	2,2	0,625	0,0315
JLIII	Nd	Nd	Nd
JLIV	2,5	1,052	0,0086
JLV	2,9	0,667	0,009
Ag I	2,5	0,539	0,0029
Ag II	3	1,219	0,0235
Ag III	3,4	4,946	0,0495
Ag IV	1,8	0,446	0,0071
Set I	2,1	0,713	0,004
Set II	2,6	1,005	0,0095
Set III	2,6	1,371	0,1271
Set IV	2,6	1,371	0,1271
Oct I	4	1,287	0,0879
Oct II	2,2	0,68	0,0223
Oct III	2,7	0,88	0,0056
Oct IV	3,5	1,62	0,0366
Oct V	3,5	1,62	0,0366

Fuente. Trabajo de campo 2003

Estudio hidrogeomorfológico y análisis sedimentológico de la sección alta de la Cuenca del Río Aranjuez

Francisco J. Solano Mata, Denis M. Salas González

Proyecto Río Aranjuez- Miramar de Puntarenas.
Sitio de muestreo Bajo Caliente

Semana	Ancho de Cause	Caudal	Sedimentos (gr/50cm ³)
MI	Nd	Nd	Nd
MII	8	Nd	Nd
MIII	10	0,618	Nd
MIV	10,7	4,446	Nd
JnI	10,3	4,734	Nd
JnII	11,3	4,606	Nd
JnIII Puente B.C	12	17,882	0,004
JnIV	10,4	5,394	0,006
JLI	9	3,576	0,0007
JLII	10,6	6,787	0,0109
JLIII	Nd	Nd	Nd
JLIV	9,7	8,563	0,0803
JLV	6,3	3,716	0,4846
Ag I	5,9	3,445	0,005
Ag II	5	9,083	0,0566
Ag III	7,9	4,49	0,0007
Ag IV	8,8	4,086	0,003
Set I	9,3	3,733	0,0025
Set II	8,5	12,023	0,0044
Set III	8,5	7,502	0,0036
Set IV	8,5	7,502	0,0036
Oct I	10	10,9829	0,0021
Oct II	8,6	5,31	0,0033
Oct III	8,5	6	0,0011
Oct IV	8,5	10,16	0,0042
Oct V	8,5	10,16	0,0042

Fuente. Trabajo de campo 2003

Estudio hidrogeomorfológico y análisis sedimentológico de la sección alta de la Cuenca del Río Aranjuez

Francisco J. Solano Mata, Denis M. Salas González

Proyecto Río Aranjuez- Miramar de Puntarenas.
Sitio de muestreo Río Aranjuez Cedral

Semana	Ancho del Cause	Caudal	Sedimentos (gr/50cm3)
MI	9	0,1402	Nd
MII	Nd	0,11	Nd
MIII	8,2	0,367	Nd
MIV	8,8	1,718	Nd
JnI	8,9	1,517	Nd
JnII	8,7	1,374	Nd
JnIII	11	12,422	0,0032
JnIV	8,6	2,527	0,0021
JLI	8,8	2,358	0,002
JLII	8,8	3,248	0,0015
JLIII	Nd	Nd	Nd
JLIV	8,6	3,243	0,0003
JLV	8,8	2,262	0,0013
Ag I	8,7	1,964	0
Ag II	8,4	4,185	0,0014
Ag III	8,8	2,222	0,0002
Ag IV	8,3	2,486	0,0024
Set I	8,9	2,128	0,001
Set II	8,9	3,793	0,0022
Set III	8,9	4,206	0,0015
Set IV	8,9	4,206	0,0015
Oct I	8,8	2,5124	0,0025
Oct II	8,8	2,26	0,002
Oct III	8,8	2,94	0,001
Oct IV	8,8	6,05	0,0071
Oct V	8,8	6,05	0,0071

Fuente. Trabajo de campo 2003

Proyecto Río Aranjuez- Miramar de Puntarenas.
Sitio de muestreo Quebrada Espavelar

Semana	Ancho del Cause	Caudal	Sedimentos (gr/50cm3)
Oct I	3,5	4,79	0,0021
Oct II	3,3	3,81	0,0033
Oct III	3,2	1,7	0,0011
Oct IV	3,5	1,62	0,0018
Oct V	3,5	1,62	0,0018

Fuente. Trabajo de campo 2003

Estudio hidrogeomorfológico y análisis sedimentológico de la sección alta de la Cuenca del Río Aranjuez

Francisco J. Solano Mata, Denis M. Salas González

Proyecto Río Aranjuez- Miramar de Puntarenas.
Sitio de muestreo Quebrada Honda

Semana	Ancho del Cause	Caudal	Sedimentos (gr/50cm ³)
MI	Nd	Nd	Nd
MII	1,8	0,132	Nd
MIII	1,9	0,055	Nd
MIIV	6,9	0,503	Nd
JnI	6,1	0,308	Nd
JnII	6,6	0,505	Nd
JnIII	3	2,946	0,0035
JnIV	5,4	1,925	0,0023
JLI	5,6	1,554	0,0028
JLII	9	1,016	0,0017
JLIII	Nd	Nd	Nd
JLIV	8,6	0,655	0,007
JLV	8,3	0,449	0,0002
Ag I	8,6	0,609	0,0001
Ag II	8,7	1,006	0,0006
Ag III	8,6	0,615	0,0005
Ag IV	6,6	0,586	0,0007
Set I	6,5	1,019	0,0006
Set II	6,3	0,986	0,0008
Set III	6,3	0,979	0,0659
Set IV	6,3	0,979	0,0659
Oct I	6,7	0,6984	0,0005
Oct II	5	1,03	0,0004
Oct III	5,2	0,96	0,0009
Oct IV	7,3	1,28	0,002
Oct V	7,3	1,28	0,002

Fuente. Trabajo de campo 2003

Estudio hidrogeomorfológico y análisis sedimentológico de la sección alta de la Cuenca del Río Aranjuez

Francisco J. Solano Mata, Denis M. Salas González

Proyecto Río Aranjuez- Miramar de Puntarenas.
Sitio de muestreo Río Veracruz

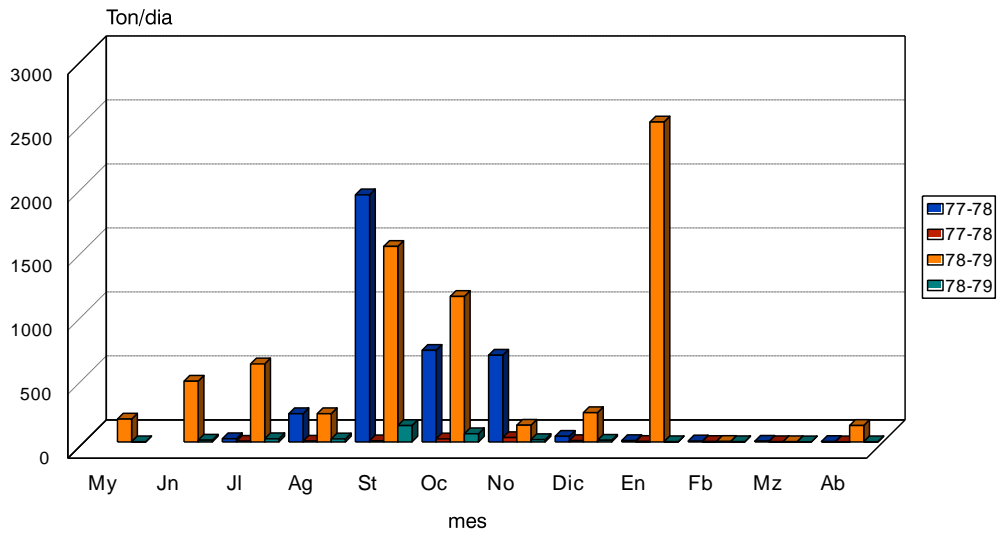
Semana	Ancho de Cause	Caudal	Sedimentos (gr/50cm ³)
MI	5	0,113	Nd
MII	5,2	0,145	Nd
MIII	5,5	0,121	Nd
MIV	5,7	1,467	Nd
JnI	5,6	1,795	Nd
JnII	3,4	1,874	Nd
JnIII	Nd	Nd	0,0146
JnIV	9,2	2,899	Nd
JLI	11	2,267	Nd
JLII	11,9	3,029	0,0008
JLIII	Nd	Nd	Nd
JLIV	13,2	2,919	0,0553
JLV	10,9	1,784	0,05
Ag I	10,2	1,522	0,0001
Ag II	12,8	1,984	0,0014
Ag III	13	0,941	0,0349
Ag IV	6,3	1,429	0,0006
Set I	6,8	2,399	0,0161
Set II	5,1	2,542	0,0019
Set III	5,1	2,985	0,0004
Set IV	5,1	2,985	0,0004
Oct I	5,4	3,9586	0,0007
Oct II	7,2	7,02	0,0013
Oct III	5,5	3,59	0,0007
Oct IV	11,5	6,27	0,0042
Oct V	11,5	6,27	0,0042

Fuente. Trabajo de campo 2003

Estudio hidrogeomorfológico y análisis sedimentológico de la sección alta de la Cuenca del Río Aranjuez

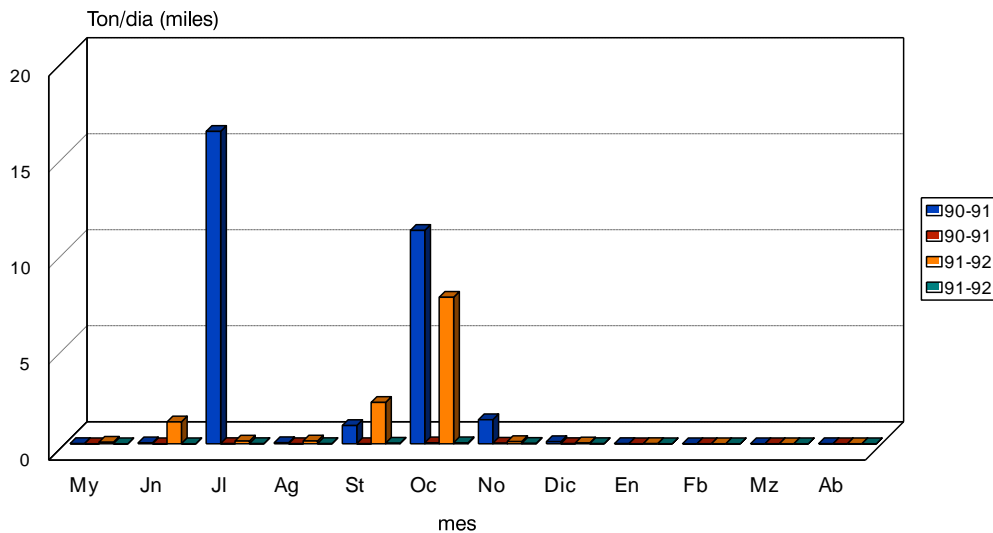
Francisco J. Solano Mata, Denis M. Salas González

**Sedimento en Suspensión 1977 - 1979
Río Barranca, Estación 80-22-2**



Boletín N°3, Sedimento en Suspensión, ICE, 1993

**Sedimento en Suspensión 1990 - 1992
Río Barranca, Estación 80-22-2**

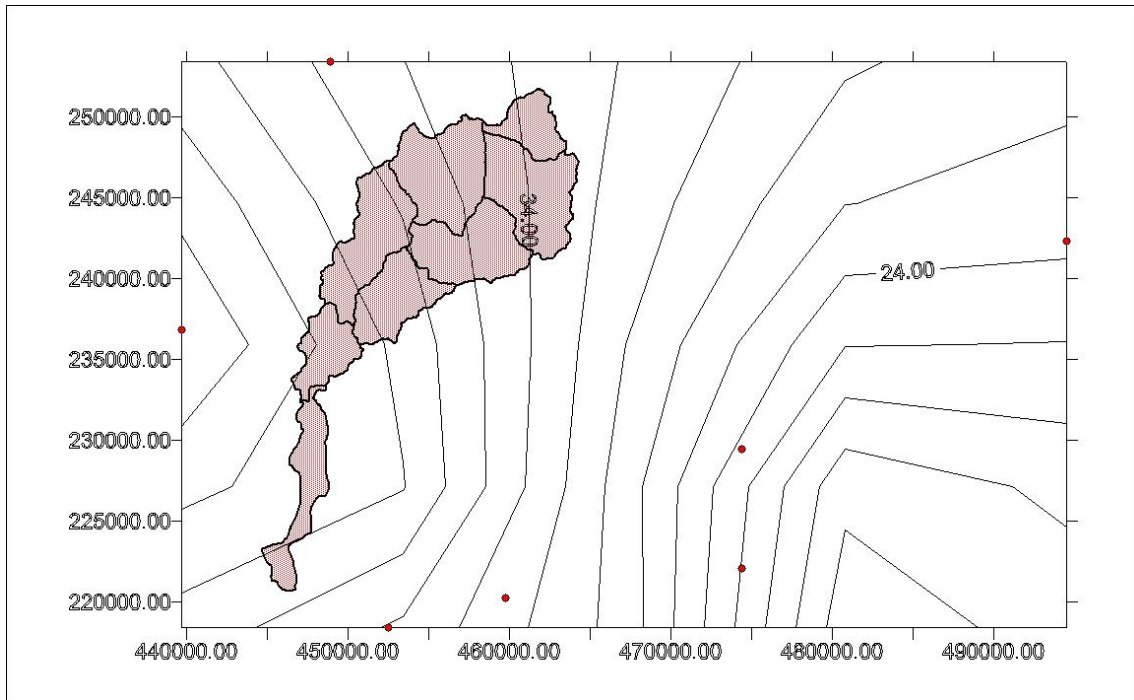


Boletín N°3, Sedimento en Suspensión, ICE, 1993

5.2 Cálculo de lluvia Espacial en periodos previos de seis o siete días (semanal)

Estudio hidrogeomorfológico y análisis sedimentológico de la sección alta de la Cuenca del Río Aranjuez

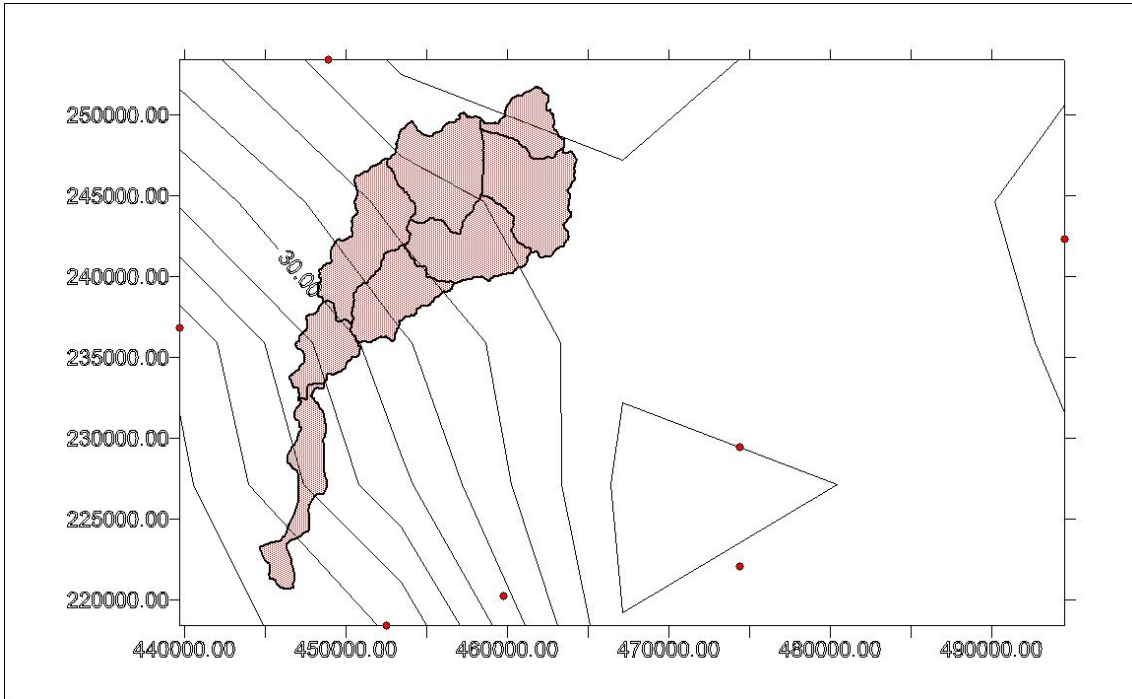
Francisco J. Solano Mata, Denis M. Salas González



Cuenca del río Aranjuez, Lluvia Espacial evento 19 de junio, 2003

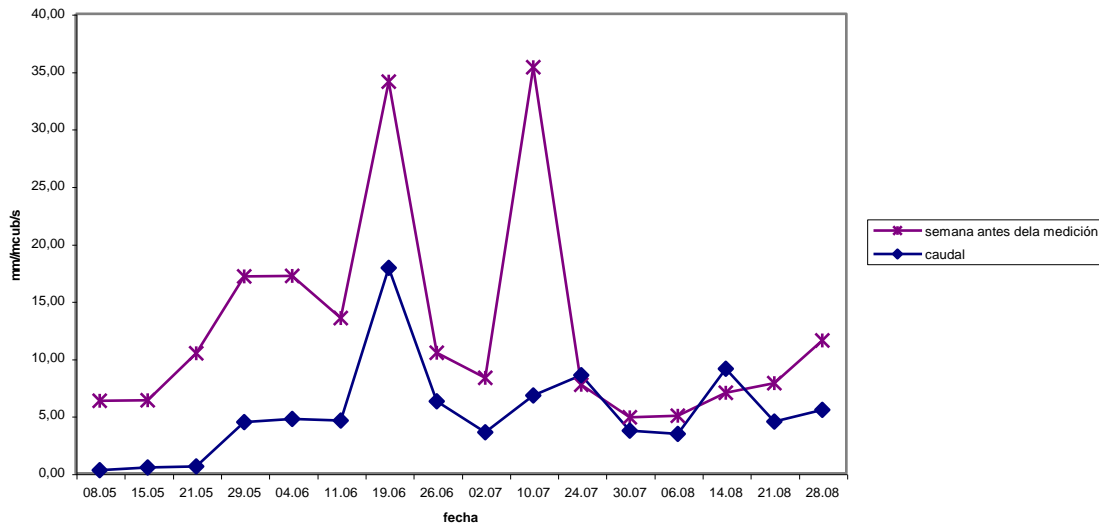
Estudio hidrogeomorfológico y análisis sedimentológico de la sección alta de la Cuenca del Río Aranjuez

Francisco J. Solano Mata, Denis M. Salas González

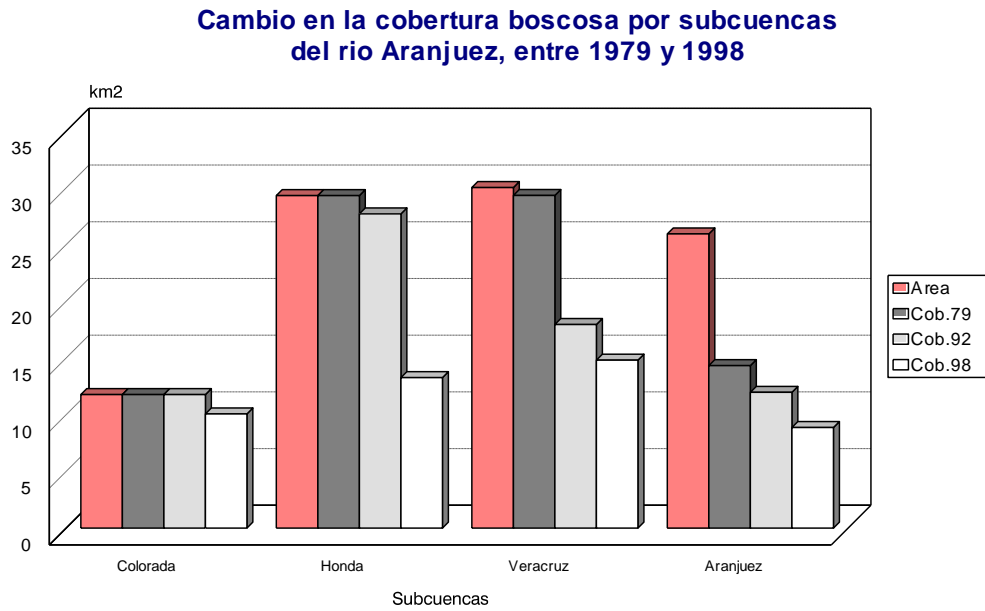


Cuenca del río Aranjuez, Lluvia Espacial evento 10 de julio, 2003

Caudal - Precipitación espacial semanal

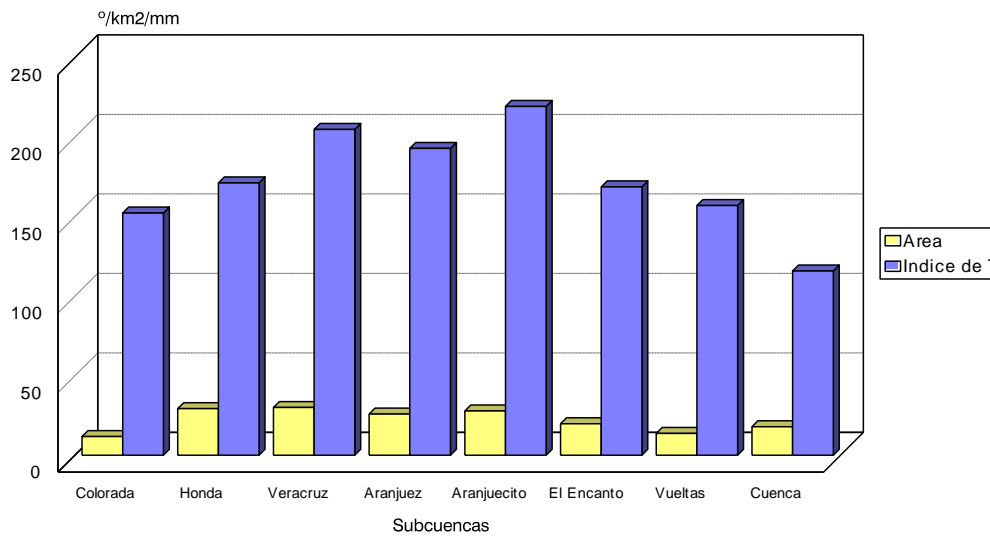


6. Mapa Geomorfológico



Fuente: IGN, 1979, IMN, 1992, FONAFIFO, 1998

Indice de Torrencialidad por subcuencas del rio Aranjuez, Miramar, Puntarenas



Base digital 1: 50000, IGN, Imagenes aereas 1: 20000, PROIGE, 2003

6.1 La vertiente sureste de Pacífico

Esta Vertiente de la Cordillera de Tilarán, por ser la mejor desarrollada, la subdividiremos en tres sectores: a) Sector Norte; b) Sector Sur; c) Sector del Cerro Turrubares.

Sector Norte; (desde el río Cañas, hasta el río Barranca):

Se trata de una vertiente mucho más desarrollada. Los ríos que la entallan profundamente poseen un trazado más largo dejando aislados algunos cerros ocasionalmente, en especial en su curso medio antes de llegar a la llanura litoral. La vertiente se subdivide en tres áreas diferentes:

- el área de cumbres, con picos agudos, barrancos profundos y cornizas rocosas que contrastan con relictos de antiguas mesetas volcánicas. Es un área que está muy erosionada y la roca aflora directamente. La cobertura vegetal es más bien rala.

- El sector de piedemonte donde se han formado importantes conos aluviales coalescentes con aportes importantes de vertientes formados por una matriz arcillosa roja y bloques en parte rodados de origen volcánico pero alterados en superficie. En este sector se pueden reconocer dos niveles encajonados.
- La llanura litoral de relleno reciente (post-flandense) por efectos fluviales principalmente evolucionando a conos deltaicos y protegidos por el actual manglar.

El vulcanismo de este sector probablemente se prolongó durante el Pleistoceno inferior testimonio de lo afirmado es el cono piroclásticos del Cerro Chopo (Mora, 1978), que se encuentra entre Cañas y Tilarán.

La llanura aluvial no es uniforme puesto que en ella afloran las series sedimentarias tanto Cretácicas como Terciarias dando origen a un paisaje de cerros aislados que dejan entrever su estratificación y buzamientos entre vegetación rala de tipo charral. Estos cerros están plegados y afallados y en parte son solo un conjunto de colinas formadas por areniscas, grauwacas y calizas intercaladas. Es solo a partir del río Lagarto que una serie de ríos como el río Guacimal, Sardinal, Aranjuez, Quebrada del Palo, Río Seco, etc., entallan los depósitos de vertientes y han originado conos aluviales y terrazas fluviales encajonadas, de gruesos cantos rodados bien desgastados, lo cual prueba su gran competencia. Dichos ríos al llegar al golfo de Nicoya, en su gran mayoría han formado pequeños deltas en donde se vino a fijar el manglar. El litoral de este sector del golfo de Nicoya no posee cordones litorales.

La ciudad de Miramar de Puntarenas, está asentada sobre un poderoso cono de deyección, producto de depósitos de vertientes. Este cono coluvio-aluvial, se extiende desde su punto de origen a los pies del Cerro El Negro (800 m.), a una distancia superior a los 5 km. Los flancos de dicho cono se encuentran erosionados por dos importantes ríos: el río Ciruelas y el río Naranjo, los cuales dejan al descubierto, en las márgenes no ocupadas por las terrazas fluviales encajonadas, el material caótico de las vertientes. Las terrazas fluviales en cambio, presentan tres niveles bien deferentes formados por tres generaciones de cantos rodados bien desgastados y de gran tamaño (entre 20 a 40 cm. De diámetro) que demuestran el poder de arrastre de dichos ríos y las distancias relativamente cortas que ha recorrido dicho material. Durante la estación seca, estos ríos presentan cursos anastomosados.

El río Barranca es uno de los principales colectores de esta vertiente. Nace cerca de San Ramón en una antigua superficie volcánica disectada. Río abajo, este río forma importantes niveles de acumulación fluviales como la de San Jerónimo, la cual se encuentra recubierta por depósitos coluviales de vertiente compuestos por elementos

grandes (bloques). Este río es poco profundo en su curso inferior, presentando un lecho anastomosado formado casi exclusivamente por cantos rodados. Existen tres niveles de terrazas fluviales en su curso inferior, casi exclusivamente en su margen izquierda. El nivel superior ha sido utilizado en parte por la línea férrea que une Puntarenas con San José. El río Barranca desemboca en el mar, formando un gran cono aluvial y parte del material fluvial le permitió a la corriente de deriva litoral formar la actual flecha de Puntarenas.

6.2 *Simbología del mapa geomorfológico*

Geodinamica interna.

Bajo ese ítem se consigna toda la simbología que se refiere a tectónica y en general a formas estructurales. Entre ellas detallamos los siguientes fenómenos:

Dominio volcánico.

Este grupo de símbolos atañe a todas las formas o modelados cuyo origen es volcánico, o está directamente ligado al vulcanismo.

Dominio fluvial.

Las formas representadas están relacionadas directa o indirectamente con las acciones fluviales a través del tiempo.

Modelado de vertientes.

Bajo este término se agrupan las formas erosivas o de acumulación que afectan a las vertientes, debido a los diferentes agentes meteóricos.

Mesas y mesetas estructurales: Son elementos anaclinales o monoclinales estructurales. Es decir formas planas que no han sufrido plegamiento desde su origen y poseen una secuencia estratificación completa.

Buzamiento: Este símbolo indica el grado de inclinación de un estrato con respecto a la horizontal y su orientación con respecto al norte magnético. Se mide en grados con un clinómetro y una brújula.

Drenajes: Corresponde a la trama o disposición de los ríos, quebradas o nacientes. Su forma y densidad permite determinar el tipo de estructura que recorren.

Valles en “U”: Este signo se reservará para las formas características en u y no se utilizará para simples valles ocupados alguna vez por una lengua glaciár. En este último caso son las morrenas las que permitirán indicar la utilización por el glaciár de un valle típico.

Flujos de avalancha

Cascada: Se reservará para una caída vertical o subvertical de varios metros de altura.

Rápido: Designará los sectores de lechos con pendiente más fuerte que los sectores vecinos, donde el agua descende por gravas u obstáculos irregulares.

Lechos laterales: Bancos que se construyen en el borde de un canal, pegados al lecho menor, con su extremo aguas arriba. Es el caso más general de acumulación en las orillas convexas de los meandros vivos.

Bancos medianos: Indica bancos aislados que dividen al canal en dos, lo que da con caudales, pequeñas islas.

Lechos irregulares: Opuestos a lechos calibrados. Son lechos en los que la anchura varía rápidamente en pequeñas distancias. Se observan bancos aluviales esporádicos, tanto medianos como laterales. No es necesario indicarlos ya que están incluidos en el término.

Taludes de erosión.

Deslizamientos en masa por soliflujión.

Formación residual.

Cicatriz de desprendimiento: En las rocas coherentes está formada por una pared vertical o subvertical con un corte neto del material que equivale, desde el punto de vista mecánico, a un cizallamiento. Se comprende que las cicatrices se obtienen, pero

son reconocibles durante mucho tiempo por pendientes más abruptas que las pendientes colindantes y con un claro trazado.

Despegue en paquetes: La masa que se separa resbala sobre una formación arcillosa afectada por la solifluxión. A veces es necesario un examen minucioso para controñar que está en un sitio y que no se trata de una falla paralela a la vertiente.

Terracillas: Afectan a tramos de pendientes empinadas y forman escalonamientos discontinuos, de algunos decímetros de ancho y hasta un metro de alto, que se siguen durante algunos metros. Casi siempre son debidas al pisoteo del ganado que activa la solifluxión sobre formaciones que contienen arcilla.

Cárcavas: Designa barrancos poco profundos (menos de 1m), pero que no son borrados por el laboreo.

Reptación: Designa movimientos muy superficiales (decimétricos), que se producen bajo climas muy variados y que afectan al conjunto de una vertiente, a la que tienden a dar un perfil cóncavo-convexo. Los mecanismos son variadísimos: cambio del volumen por efecto del hielo-deshielo, acciones biológicas, pipkrakes, un poco de arroyada. Se le encuentra en bosque donde da amontonamientos de restos vegetales detrás de las cepas de los troncos y un descalce hacia abajo. El laboreo provoca también una reptación de la capa trabajada.

Litología y cronología.

Es un conjunto de colores planos que representan las diferentes unidades litológicas del substrato y su edad absoluta. Así se ha subdividido el área en cuatro grandes unidades litológicas:

- a. Áreas sedimentarias
- b. Áreas volcánicas.
- c. Áreas intrusivas.
- d. Áreas metamórficas.

La cronología abarca períodos geológicos que afectaron a Costa Rica y que le fueron conformando poco a poco. El período más antigua corresponde al Cretácico, período durante el cual afloran los primeros islotes volcánicos, luego sigue el Terciario, que es el período de consolidación continental, finalmente el período Cuaternario, que se

Estudio hidrogeomorfológico y análisis sedimentológico de la sección alta de la Cuenca del Río Aranjuez

Francisco J. Solano Mata, Denis M. Salas González

encuentra subdividido en dos subperíodos: EL Pleistoceno durante el cual, ocurren eventos principalmente climáticos (pluviales e interpluviales), así como también por influencia de la tectónica y del vulcanismo sub-actual.

Los colores adoptados son arbitrarios y no corresponden a ninguna clasificación oficial. Fueron adoptados en función de la claridad de la información para el lector de este tipo de cartografía.

7. Calidad de agua

Proyecto Río Aranjuez- Miramar de Puntarenas.

Sitio de muestreo Quebrada Azufrada

Semana	Caudal	Tur (NTUs)
MI	Nd	Nd
MII	0,037	Nd
MIII	0,0743	-10
MIV	0,513	-10
JnI	0,576	-10
JnII	0,577	-10
JnIII	3,825	253
JnIV	1,094	-10
JLI	0,75	-10
JLII	0,825	7,26
JLIII	Nd	Nd
JLIV	1,052	131
JLV	0,867	170
Ag I	0,539	11
Ag II	1,219	623
Ag III	4,946	970
Ag IV	0,446	148
Set I	0,713	26
Set II	1,005	33
Set III	1,371	947
Set IV	1,371	999
Oct I	1,287	718
Oct II	0,88	90
Oct III	0,88	8,61
Oct IV	1,62	-10
Oct V	1,62	-10

Fuente. Trabajo de campo 2003

Estudio hidrogeomorfológico y análisis sedimentológico de la sección alta de la Cuenca del Río Aranjuez

Francisco J. Solano Mata, Denis M. Salas González

Proyecto Río Aranjuez- Miramar de Puntarenas.

Sitio de muestreo Bajo Caliente

Semana	Caudal	Tur (NTUs)
MI	Nd	
MII	Nd	
MIII	0,618	-10
MIV	4,446	-10
JnI	4,734	-10
JnII	4,606	-10
JnIII Puente B.C	17,882	
JnIV	5,394	-10
JLI	3,576	-10
JLII	6,787	2,27
JLIII	Nd	
JLIV	8,563	36
JLV	3,716	-10
Ag I	3,446	148
Ag II	9,083	685
Ag III	4,49	9
Ag IV	4,086	218
Set I	3,733	-10
Set II	12,023	-10
Set III	7,502	180
Set IV	7,502	421
Oct I	10,9829	118
Oct II	5,31	21
Oct III	6	-10
Oct IV	10,16	-10
Oct V	10,16	-10

Fuente. Trabajo de campo 2003

Tur (NTUs): Turbidez

Estudio hidrogeomorfológico y análisis sedimentológico de la sección alta de la Cuenca del Río Aranjuez

Francisco J. Solano Mata, Denis M. Salas González

Proyecto Río Aranjuez- Miramar de Puntarenas.

Sitio de muestreo Río Aranjuez Cedral

Semana	Caudal	Tur (NTUs)
MI	0,1402	Nd
MII	0,11	Nd
MIII	0,367	-10
MIV	1,718	-10
JnI	1,517	-10
JnII	1,374	-10
JnIII	12,422	-10
JnIV	2,527	-10
JLI	2,358	-10
JLII	3,248	-10
JLIII	Nd	Nd
JLIV	3,243	-10
JLV	2,262	-10
Ag I	1,964	-10
Ag II	4,185	-778
Ag III	2,222	-10
Ag IV	2,486	20
Set I	2,128	-10
Set II	3,793	-10
Set III	4,206	107
Set IV	4,206	107
Oct I	2,5124	300
Oct II	2,26	34
Oct III	2,94	-10
Oct IV	6,05	236
Oct V	6,05	-10

Fuente. Trabajo de campo 2003

Tur (NTUs): Turbidez

Proyecto Río Aranjuez- Miramar de Puntarenas.

Sitio de muestreo Quebrada Espavelar

Semana	Ancho del Cause	Tur (NTUs)
Oct I	3,5	57
Oct II	3,3	40
Oct III	3,2	-10
Oct IV	3,5	-10
Oct V	3,5	-10

Fuente. Trabajo de campo 2003

Tur (NTUs). Turbidez

Estudio hidrogeomorfológico y análisis sedimentológico de la sección alta de la Cuenca del Río Aranjuez

Francisco J. Solano Mata, Denis M. Salas González

Proyecto Río Aranjuez- Miramar de Puntarenas.

Sitio de muestreo Quebrada Honda

Semana	Caudal	Tur (NTUs)
MI	Nd	Nd
MII	0,132	Nd
MIII	0,055	-10
MIV	0,503	-10
JnI	0,308	-10
JnII	0,505	-10
JnIII	2,946	-10
JnIV	1,925	-10
JLI	1,554	-10
JLII	1,016	-10
JLIII	Nd	Nd
JLIV	0,655	-10
JLV	0,449	-10
Ag I	0,609	-10
Ag II	1,006	-10
Ag III	0,615	-10
Ag IV	0,586	-10
Set I	1,019	0
Set II	0,986	-10
Set III	0,979	-10
Set IV	0,979	-10
Oct I	0,6984	-10
Oct II	1,03	-10
Oct III	0,96	-10
Oct IV	1,28	-10
Oct V	1,28	-10

Fuente. Trabajo de campo 2003

Tur (NTUs). Turbidez

Estudio hidrogeomorfológico y análisis sedimentológico de la sección alta de la Cuenca del Río Aranjuez

Francisco J. Solano Mata, Denis M. Salas González

Proyecto Río Aranjuez- Miramar de Puntarenas.

Sitio de muestreo Río Veracruz

Semana	Caudal	Tur (NTUs)
MI	0,113	Nd
MII	0,145	Nd
MIII	0,121	-10
MIV	1,467	-10
JnI	1,795	-10
JnII	1,874	-10
JnIII	Nd	283
JnIV	2,899	-10
JLI	2,267	-10
JLII	3,029	-10
JLIII	Nd	Nd
JLIV	2,919	-10
JLV	1,784	-10
Ag I	1,522	-10
Ag II	1,984	-10
Ag III	0,941	916
Ag IV	1,429	-10
Set I	2,399	0,169
Set II	2,542	-10
Set III	2,985	-10
Set IV	2,985	-10
Oct I	3,9586	-10
Oct II	7,02	-10
Oct III	3,59	-10
Oct IV	6,27	-10
Oct V	6,27	-10

Fuente. Trabajo de campo 2003

Tur (NTUs). Turbidez

8. Bibliografía

Centre National de La Recherche Scientifique, 1976; **Legende pour la carte geomorphologique de la France au 1: 50 000**, Talleres Gráficos Iberia, Barcelona, España.

Bergoeing, G, J.P, 1983; **Geomorfología del Pacífico Norte de Costa Rica**, Oficina de Publicaciones, Universidad de Costa Rica, San José, Costa Rica.

Brenes, L.G. 1976. **Análisis de procesos de Remoción en Masa en la Cuenca Media y Alta del río Reventazón**, Costa Rica. Tesis Universidad de Costa Rica.

Brenes, L.G. Mora, S. Valverde, R. 1985: **Carta geológica y geomorfológica preliminar, cuenca del río Parrita**. Escuela de Geografía: 1:50000.

Brenes, L.G. Mora, I. 1983. **Metodología y selección de para manejo de cuencas prioritarias**. CATIE, Turrialba.

Instituto Geográfico Nacional, 1990, **Hojas Topográficas: San Lorenzo, Miramar, Juntas, Chapernal**, 1: 50 000, San José, Costa Rica.

Tricart. J. 1978. **Geomorphologie Applicable**. Ed. MASSON, Paris, Francia, 204 P.

Trabajo de Campo 2003, mayo a noviembre, Equipo de campo, PROIGE.