

INFLUENCIA DE LAS CONDICIONES GEOMORFOLOGICAS EN EL DESARROLLO Y EXPANSION DE LA CIUDAD DE TRUJILLO (ESTADO TRUJILLO), ANDES VENEZOLANOS

Carlos Ferrer Oropeza *

RESUMEN

Valles estrechos y asimétricos, los cuales reflejan el control de la estructura geológica y las variaciones microclimáticas, explican la distribución geográfica de la mayoría de los movimientos de masa en las vertientes que rodean la ciudad de Trujillo. Mediante un levantamiento detallado se describen los deslizamientos de Lambedera, Borón y El Seminario. Se insiste en la importancia de las zonas de fallas y su influencia sobre la distribución espacial de los procesos de vertientes. Las tasas actuales de desplazamiento y acumulación de materiales parece ser menos intensa que en el pasado, lo que llevaría a interpretar que bajo las actuales condiciones la dinámica de los procesos corresponde con eventos mas bien del tipo alta frecuencia/baja magnitud. El incremento en el uso de la tierra, en especial la ocupación de vertientes potencialmente inestables en los alrededores de la ciudad se ha traducido en la aparición de grandes movimientos de masa, grave amenaza para zonas densamente pobladas dentro del casco urbano, y en un aumento significativo de los aportes de sedimentos.

En base a evidencias de campo se definieron tres niveles de acumulaciones cuaternarias, cuyos orígenes se intenta enfocar a partir de una visión más local, lo que podría a la larga dificultar la correlación valle a valle. Datos sobre la intensidad de los procesos y estimación de magnitudes constituye hoy en día *terra incognita* en los Andes de Venezuela. En secciones tan estrechas como las analizadas, cualquier variación en las condiciones aguas arriba se refleja mediante ajustes y respuestas rápidas aguas abajo, lo que también es un alerta a la desorganizada intervención antrópica en el área.

* Profesor Agregado, Instituto de Geografía y Conservación de Recursos Naturales.

INTRODUCCION

El área de estudio comprende la ciudad de Trujillo, capital del Estado Trujillo, y abarca un levantamiento geomorfológico detallado de unos 25 km² de los cuales 12 km² corresponde con la ciudad y sus alrededores). Originalmente el estudio abarcaba el sector de la futura conurbación Valera-Trujillo (16, 52) y corresponde con un inventario dirigido a la evaluación de la estabilidad relativa y cuyos resultados serán publicados próximamente (28).

La ciudad de Trujillo, la cual posee un inmenso peso histórico en gran parte de la región occidental de Venezuela, ha estado limitada en su expansión a estrechos valles, lo que ha ido determinando su crecimiento hacia el norte, buscando aquellas áreas más amplias en dirección a La Concepción, Pampán, Pampanito y Valera. Una realidad que configura el futuro proceso de la conurbación y que posiblemente incida para que en un futuro cercano la ciudad de Trujillo pierda la hegemonía regional que venía monopolizando desde el pasado.

A diferencia de otras importantes ciudades en Los Andes venezolanos, caso de San Cristóbal en el Estado Táchira y Mérida en el Estado Mérida, donde también el impacto de la expansión urbana sobre el medio físico ha generado una serie de consecuencias indeseables (24,27,30); la ciudad de Trujillo posee una importante zona de desarrollo, que bien manejada puede asegurar un futuro promisorio para este importante centro urbano.

MARCO FISICO LOCAL

La ciudad de Trujillo, capital del Estado Trujillo, se ubica en el flanco centro norte de los Andes Venezolanos o Andes Merideños, sector correspondiente con la zona de transición entre la región montañosa del sur-sureste y las llanuras y semillanuras del oeste. El área de estudio corresponde a la cuenca de drenaje del río Motatán, el cual es a su vez un importante drenaje del Lago de Maracaibo.

La ciudad se localiza en la cuenca media del río Castán, política y administrativamente forma parte de los municipios Chiquinquirá, Cruz Carrillo, Cristóbal Mendoza, Matriz y Monseñor Carrillo (Área Urbana I (49)). Para el año 1980 se estimaba una población de 36.100 habitantes dentro del casco urbano (Jorge Zambrano L., Comunicación Personal, 1984).

El sitio específico de emplazamiento de la ciudad de Trujillo se caracteriza por poseer un relieve abrupto y accidentado. Las vertientes que rodean este centro urbano alcanzan pendientes superiores al 40%, no obstante una gran parte de la ciudad se ha desarrollado a lo largo de depósitos de origen Cuaternario, formas estas de pendientes mucho más moderadas. La red de drenaje local incluye una serie de cursos afluentes del río Castán: quebradas de Borón, Tamborón, El Rincón y Los Cedros. Al extremo norte se localiza el afluente más importante del río Castán en el sector, el río Mocoey. La mayoría de estos cursos poseen un corto recorrido lo que les confiere un régimen de alta concentración, esto se traduce a su vez en una conducta altamente torrencial (Figura 1).

Las precipitaciones en esta localidad de Trujillo están controladas por dos importantes factores: el Lago de Maracaibo y la topografía. El 70% de las lluvias corresponden a dos períodos, abril-mayo y agosto-noviembre. En los alrededores de la ciudad las precipitaciones aumentan en sentido este-oeste, de 800-850 mm en las vertientes orientadas al este, a más de 1.600 mm en las vertientes situadas al oeste. La temperatura media anual oscila en los 22°C; el bosque seco Premontano (bsP) y un clima Tropical cálido (Aw) completan las condiciones ambientales predominantes en este sector de los Andes (13,14,55).

En fin, valles estrechos han definido la morfología urbana y obligado a la ciudad a expandirse hacia el norte y noroeste, en la búsqueda de áreas con menores restricciones y más seguras. De hecho, el crecimiento de la ciudad de Trujillo a lo largo del río Castán, favorece la consolidación de la futura Conurbación Valera-Trujillo. Las limitaciones impuestas por el relieve posiblemente incidan para que en un futuro cercano este centro urbano pierda la hegemonía regional que venía monopolizando desde la época colonial.

INVESTIGACIONES PREVIAS

En 1971, la Corporación de Los Andes (13,14) presenta un informe sobre la subregión Motatán-El Cenizo, donde se incluyen una gran cantidad de datos sobre el manejo y control tanto de la erosión como de las inundaciones periódicas que afectaban la zona. Estudios adicionales dirigidos a un mejor conocimiento del área incluyen: problemas de planificación y uso de la tierra (1,29,52,54)

aspectos urbanos de la Conurbación Valera-Trujillo (16, 52) y diferenciación interna de la ciudad de Trujillo (49).

Miliani y Cárdenas (55) presentan un diagnóstico de tipo físico-geográfico como base para el planteamiento de algunas recomendaciones de uso para el área Valera-Trujillo. Estudios de geología regional se deben a Ramírez et al (57), Campos y García (7), Canelón et al (8), García (33), García y Campos (34,35,36), y más recientemente García et al (37). En la misma cuenca del río Motatán, Schubert y Valastro (62) definen la Formación Esnujaque y miden algunas edades por C_{14} ; trabajo este que puede ser considerado el primer intento serio de establecer, sobre bases científicas, la cronología aluvial del Cuaternario en los Andes Venezolanos. Ghosh y Ferrer (38) reconocen algunas estructuras en la Formación Carvajal en los alrededores de la ciudad de Valera, unidad esta previamente definida por Sutton (70) y mencionada posteriormente por Tricart y Millies Lacroix (73). Más recientemente Soulas y Giraldo (71) interpretan la neotectónica de las fallas de Valera y Tuñame; Ferrer (28), mediante un trabajo intenso intenta una definición de los niveles de estabilidad relativa en el área comprendida entre Valera y Trujillo (Conurbación) y en los alrededores de la ciudad de Trujillo.

METODOS Y TECNICAS DE INVESTIGACION

En la elaboración del presente estudio fueron utilizadas coberturas aereofotográficas de varios años, así como planos topográficos de la ciudad y sus alrededores (Ministerio de Obras Públicas, 1975; escalas 1:2.500 y 1:5.000). La fotointerpretación fué corregida y ajustada mediante intensos trabajos de campo efectuados en los años 1981 y 1982. Análisis de sedimentos fueron realizados en el Laboratorio de Geomorfología del Instituto de Geografía y Conservación de Recursos, aplicando las técnicas usuales de cada caso. Algunos datos de perforaciones y observaciones a partir de calicatas fueron utilizados en el análisis de varias secciones. Las muestras obtenidas fueron clasificadas visualmente y porciones representativas de las mismas se seleccionaron para someterlas a ensayos (granulometría por tamizado, humedad natural y límites de consistencia). Para algunas observaciones de campo relacionadas con las condiciones geotécnicas de los materiales, se utilizaron escalas y codifi-

caciones propuestas para algunos trabajos geomorfológicos y de amplia aceptación (18,19,64).

La cronología relativa de las unidades sedimentarias se estableció en base a la posición geomorfológica y a la intensidad de la meteorización de los materiales gruesos (gravas, gravillas y cantos).

CARACTERISTICAS GEOLOGICAS DEL SITIO DE ASENTAMIENTO DE LA CIUDAD DE TRUJILLO

1.- GENERALIDADES SOBRE EL BASAMENTO ROCOSO

Constituye las típicas filitas de la Formación Mucuchachí (Paleozoico Superior) el conjunto rocoso que predomina en el subsuelo y en las vertientes que rodean a la ciudad (Ver Mapa Geomorfológico). Estas filitas son rocas de metamorfismo de bajo grado (facies de los esquistos verdes), de colores gris plomo a verdoso y con superficies brillantes, finamente foliadas (físil). Localmente y concordante con los planos de foliación existen delgadas intrusiones de cuarzo, así como intercalaciones de metalimolitas. En el área de estudio, la Formación Mucuchachí constituye un intervalo monótono y las estructuras relictas son por lo general escasas, al oeste afloran metacuarcitas feldespáticas y micáceas, duras y resistentes. En la cercanía de algunos planos de fallas, estas filitas gradan a esquistos micáceos (cloríticos) lo que delata la clara influencia tectónica.

El ambiente depositacional que dió origen a la Formación Mucuchachí se ha prestado a no pocas discusiones. Marechal (51) en un trabajo reciente, propone un modelo de sedimentación del tipo plataformal para la secuencia que aflora al sur de los Andes, mientras García (33), Sifontes y García (68) sugieren en cambio ambientes turbidíticos. Debido a la gran extensión abarcada originalmente por esta unidad, no es completamente extraño que ambos ambientes-plataforma y agua profundas-existiesen sincrónicamente.

Al este de la ciudad la influencia de la tectónica local ha provocado un "melange", con materiales entremezclados de las formaciones La Quinta (Jurásico), Peñas Altas (Cretáceo Inferior/Medio), La Luna (Cre-

táceo Superior) y otras*. En la Figura 1 pueden observarse algunos planos de discordancia entre las formaciones La Quinta y Peñas Altas (sectores 12,5N y 12,5L).

Las filitas se presentan en los alrededores de la ciudad como una roca plegada, en líneas generales se puede asumir como rumbo general de la foliación predominante el N(25°)E, los valores del buzamiento son particularmente altos (40-80°) y varían, como consecuencia del plegamiento, bien al noroeste o al sureste. El alto grado de fracturamiento que presentan estas rocas se expresa mediante un bien desarrollado sistema de diaclasas.

2.- EL PATRON ESTRUCTURAL DE LA REGION

La dirección general de los sistemas de fallas más importantes, en este sector del Estado Trujillo, es preferentemente al N(18°)E. La gran mayoría de las fallas reconocidas en el área parecen asociarse con las Zonas de Fallas de Arbol Redondo. Estas zonas de fallas se ubican al este de la ciudad (8) y posiblemente estén relacionadas con la Falla de Carache, ambas estructuras son de difícil diferenciación en imágenes de radar (28). Las cercanas fallas de Valera y Carache muestran movimientos transcurrentes de tipo sinistral, las fallas de Arbol Redondo con la misma dirección que las anteriores, presentan evidencias locales de desarrollo preferentemente vertical. Sin embargo, regionalmente las fallas transcurrentes suelen desarrollar cuencas de extensión (pull apart basin), con la consecuente generación de tectónica vertical. Todo este conjunto de fallas mencionados inciden con ángulos entre 80° y 60° con el corredor de fallas de Boconó, ubicadas al sur. Las fallas consideradas, secundarias en todo caso, parecen haber sido importantes focos de terremotos históricos (59). Como bien ha señalado Rod (60) muy pocas han sido las investigaciones que se han desarrollado en este campo del fallamiento secundario. En síntesis, la geología estructural de la región es complicada, es necesario establecer las posibles relaciones entre el sistema de fallas principales (Boconó) y estas secundarias,

* Para una descripción completa de estas unidades, consultar a: García et al (37).

en especial en lo referente a las modificaciones en los campos de esfuerzos (17). Las fallas identificadas en el área parecen estar relacionadas, además del conjunto de fracturas de Arbol Redondo, con fallas ubicadas al oeste y previamente identificadas por Campos y García (7) y mencionadas más recientemente por Soulas y Giraldo (71) (fallas de Las Virtudes, río Motatán, río Momboy y otras). Las fallas de Arbol Redondo parecen mostrar cierta actividad sísmica (M. Rengifo y R. Pérez, Comunicación Personal, 1984).

A nivel de mayor detalle se puede considerar que la ciudad de Trujillo se emplaza dentro de un gran bloque tectónico, cuyos límites son las fallas de El

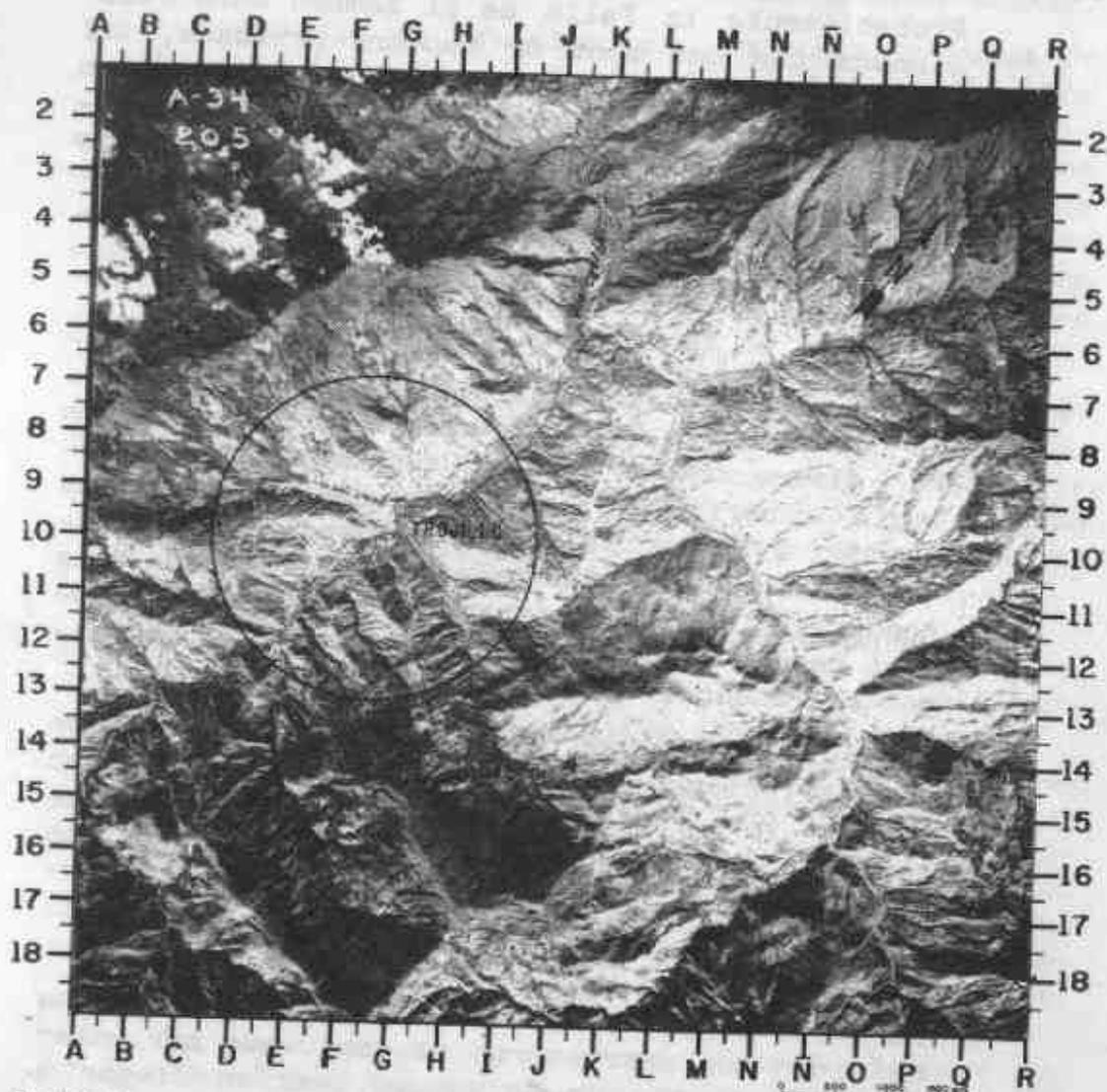


Figura: 1 VISTA AEREA DE LA SECCION MEDIA DEL RIO CASTAN, ESTADO TRUJILLO LA CIUDAD DE TRUJILLO SE UBICA HACIA EL SECTOR CENTRO IZQUIERDO DE LA FOTO (F. 9) (MISION A34; 1982)

Zamuro y Trujillo (8). Se trata, aparentemente, de dos fallas individuales con desplazamientos relativos en sentido vertical, bloques escalonados y paralelos entre sí; sin rechazar, como se había afirmado anteriormente, que tal disposición podía ser una respuesta local a movimientos más bien transcurrentes en el marco de un cuadro tectónico más regional. Tanto la Falla de El Zamuro como la Falla de Trujillo presentan en el área una nítida expresión topográfica (fosas, valles alineados, drenajes controlados, facetas triangulares y estrias de falla).

2.1 Características morfoestructurales de la Falla de El Zamuro.

Probablemente la Falla de El Zamuro esté relacionada con una zona de ruptura profunda, tal y como parece indicarlo las evidencias locales de alteración hidrotermal y el metamorfismo cinético de algunas rocas asociadas con el plano de falla. La presencia de unidades rocosas altamente fracturadas y esquistos cloríticos alineados a lo largo de la traza, indican la intensidad generada en el área de cizalla.

La Falla de El Zamuro pone en contacto las filitas y metacuarcitas de la Formación Mucuchachí. De hecho, estas dos unidades litológicas pueden ser diferenciadas por los cambios en la morfología superficial; mientras que las filitas tienden a formar colinas redondeadas y pendientes más suaves, las cuarcitas presentan una topografía de crestas angostas y divisorias agudas; rasgos estos que reflejan sin duda, una mayor resistencia a la erosión.

La traza dejada por la Falla de El Zamuro puede ser perfectamente seguida, tanto en campo como en las fotografías aéreas. Esta estructura se extiende desde la confluencia del río Moco y con el río Gastán, pasando por la quebrada Los Cedros y se prolonga en dirección sur (Figura 1: desde el sector 5,5J hasta 9E)

Paralela a esta Falla de El Zamuro, se lograron detectar dos estructuras menores, que por estar situadas dentro de la ciudad podrían llegar a constituir un peligro en caso de reactivación sísmica (Mapa Geomorfológico).

Otras estructuras geológicas, con implicaciones directas sobre el sitio de emplazamiento de la ciudad, fueron detectados durante los trabajos de campo. Entre ellas vale la pena destacar una fractura ubicada en las cercanías del Seminario Sagrado Corazón de Jesús, hacia el suroeste. Esta falla, anteriormente reconocida y cartografiada en el Mapa Geológico de la Creole Petrol. Corp. (1966), pudo ser identificada mediante una traza intermitente ya que los contactos u otro tipo de evidencias estaban enmascarados por una densa vegetación. El rumbo aparente de esta estructura parece romper el patrón de fallamiento regional.

3.- LA SISMICIDAD HISTORICA Y SU INFLUENCIA EN LA CIUDAD DE TRUJILLO

Toda la zona comprendida en esta parte del Estado Trujillo ha experimentado desde la época colonial (período de registro histórico) una gran actividad sísmica. Los catálogos de Grases (40) y el correspondiente a Cluff y Hansen (11), registran un total de 55 movimientos de diferentes intensidades y magnitudes. De estos sismos, el más importante y mejor documento (a pesar de algunas diferencias en la interpretación de las evidencias) en el Terremoto de Trujillo, ocurrido en 1775. Este gran sismo alcanzó una magnitud de 6,5 y destruyó la totalidad de la ciudad, así como las áreas circunvecinas.

El Gran Terremoto de 1812 se sintió muy intensamente en todo el Estado Trujillo, pero no causó grandes daños a diferencia del resto del país. Puede parecer extraño, vista la cercanía del área con las zonas de fallas de Boconó (posible origen de los diferentes focos), que el impacto de ese gran sismo no tuviese mayores consecuencias. Esta situación, por lo demás, no parece poco usual, Cluff y Hansen (11) observaron un comportamiento parecido en secciones muy cercanas a la Falla de San Andrés, y ya se vió la importancia geológica de las fallas secundarias (17,60).

EL MODELADO DE VERTIENTES: PROCESOS Y FORMAS

La presencia de una variada gama de movimientos de masa, así como las diferentes modalidades que toma el escurrimiento superficial, han dado como resultado un complejo

cuadro de procesos y formas en las vertientes que rodean la ciudad de Trujillo. La relativa homogeneidad en la composición de las rocas que constituyen el basamento, contrasta marcadamente con las otras variables físicas. Así se tiene que, las condiciones geotécnicas de esos materiales y sus características estructurales los hace, altamente vulnerables. Además, las fuertes pendientes y el carácter eminentemente torrencial de la mayoría de los cursos se traduce en el aporte de grandes volúmenes de sedimentos al fondo de los valles. A todo ello es necesario agregar el carácter altamente irracional de la intervención antrópica, que en muchos casos suele generar respuestas complejas del subsistema de vertientes.

1.- IMPORTANCIA DE LOS MOVIMIENTOS DE MASA

La sección del valle correspondiente al río Castán es claramente asimétrica. Las causas estructurales y climáticas que dan origen a las asimetrías han sido motivos de extensas investigaciones (3,20,24,77). En los alrededores de la ciudad esta disposición asimétrica entre los conjuntos de vertientes orientados al este en comparación con los ubicados al oeste, es un rasgo especialmente importante ya que permite ensayar una zonificación de algunos procesos relacionados con los movimientos de masa.

1.1 La dinámica en las vertientes orientadas al este de la ciudad de Trujillo. Caso de los deslizamientos de Lambedera y el Borón

Las vertientes ubicadas al este, margen derecha del río Castán, presentan un mayor grado de complejidad que aquellas situadas al oeste. Un patrón de fallamiento denso ha preparado el material rocoso, tectonizándolo y alterándolo profundamente. En este sector destacan los deslizamientos de Lambedera y el Borón.

(i) El deslizamiento de Lambedera

Este Deslizamiento se ubica al margen derecho de la quebrada Lambedera, de donde toma su nombre (Figura 1: 14L-14J). El Deslizamiento de Lambedera es un movimiento de masa ajustado a un plano de falla; en este caso se trata de la Falla de Trujillo. Este control estructural determina su morfología eminentemente alargada. Los materiales predominantes en la sección des-

lizada constituyen una mezcla altamente heterométrica: fragmentos de areniscas, conglomerados, calizas y filitas, con diámetros que varían de 7 a 10 mm y una matriz limo-arcillosa. Las rocas muestran un denso patrón de diaclasamiento.

Los materiales situados en el sector distal de este deslizamiento tienden a ser plásticos y con una capacidad de absorción de humedad muy alto. La topografía irregular y la proliferación de todo un sistema de pequeños nichos (coronas) parecen sugerir una evolución de este movimiento en varias etapas. Probablemente los desplazamientos se efectuaron bajo condiciones de exceso de agua, con una clara tendencia en las superficies de corte a evolucionar por flujos más viscosos. Unidades rocosas muy deformadas abundan en toda el área afectada por este deslizamiento; rocas estas más propensas a alterarse con mayor intensidad debido al incremento de la porosidad y por tanto de la infiltración. El Deslizamiento de Lámbedera puede ser considerado como un movimiento latente y, aparentemente, tal y como se desprende de los datos de campo y de la información fotogeomorfológica, el mismo no parece mostrar en la actualidad signos de reactivación.

(ii) El Deslizamiento de Borón

Este deslizamiento se localiza aguas arribas de San Jacinto (Figura 1: 15G-16F) y se asocia, al igual que el anterior, con la Falla de Trujillo. El Deslizamiento de Borón se marca nítidamente en la topografía, una estimación muy preliminar pudiese involucrar un volumen superior al medio millón de m^3 (parámetros de este Deslizamiento se estimaron: longitud \pm 900 m; ancho \pm 1.000 m; espesor máximo medido = 28,75 m).

Un análisis más detallado de este movimiento de masa indica: presencia de una corona semicircular de aproximadamente 1.500 m de largo, este rasgo define claramente el área de despegue; la dirección de desplazamiento es claramente rotacional sobre una superficie cilíndrica bien definida. Este Deslizamiento de Borón luce especialmente sensible a cambios en el contenido de

humedad en el subsuelo, en sí las probabilidades de reactivación se relacionan directamente con una abundante penetración de agua a lo largo de la corona y a través de las abundantes grietas de corte.

Los deslizamientos de Lambedera y de Borón configuran toda una zona de inestabilidad generalizada en estas vertientes orientales, donde el ejemplo reciente del Deslizamiento de Bujay (26), constituye un "alerta" sobre las condiciones geomórficas de estos terrenos y su relación con la seguridad de la ciudad en sí. Los movimientos de masa ya descritos por encontrarse fuera del área de estudio no se incluyen en el Mapa Geomorfológico anexo; no obstante, debido a su importancia fueron analizados e incluidos como parte del reconocimiento de esta parte del río Castán.

(iii) Otros movimientos de masa

Movimientos de masa asociados estrechamente con materiales, unidades rocosas y perfiles de meteorización correspondiente a la Formación Mucuchachí, pueden ser observados entre el sector denominado El Vergel y frente al cerro Las Chapas, noreste de Trujillo (Figura 1: 10, 5J-10H-6,5J,5). En realidad se trata de una zona de deslizamientos y en ella se pueden detectar una mezcla de anfiteatros escalonados e intervalos superpuestos de materiales desplazados. El desarrollo de sistemas continuos de cárcavas en todo el sector podría, en un plazo relativamente corto, facilitar la reactivación de estos deslizamientos y acelerar los procesos erosivos.

El área considerada constituye un buen ejemplo de como una zona de **alto potencial de inestabilidad** puede evolucionar a una situación de **inestabilidad generalizada**, después de la construcción de una vía urbana. Los taludes de corte en el trayecto Estadio-Monumento de los Héroes (Mapa Geomorfológico), han favorecido marcadamente la proliferación de derrumbes y caídas individuales de rocas. A partir de un examen detallado de esta sección, se lograron identificar algunos parámetros: el material rocoso buza des-

favorablemente y en ángulo alto (60-80°SE) respecto al perfil de vertiente, el intenso fracturamiento de la unidad la hace particularmente susceptible a los esfuerzos de corte. Además, la foliación de la filita (roca predominante) en planos delgados y la presencia de un denso clivaje de fractura, le confiere al material rocoso una alta movilidad al facilitarle el desplazamiento entre sí (incluso en condiciones de poca humedad pero alta retención de agua en el subsuelo). En fin, la posición y orientación de estos planos de debilidad ejercen una importante influencia en la iniciación de superficies de rupturas con el consecuente colapso (Mapa Geomorfológico).

Diversos y complejos son también los movimientos de masa ubicados en Timirisis. al este de la ciudad. Abundan aquí los deslizamientos rotacionales simples y algunos flujos. Perfiles de meteorización espesos (3 a 6 m) y el rumbo de la foliación en sentido norte-sur, ejercen un control directo sobre estos procesos.

El hecho notable es que una gran parte de estos movimientos de masa correspondientes a las vertientes orientales, están directamente asociados con planos de fallas. Las relaciones entre sismos de gran magnitud y la generación de algunos problemas de índole geomórfica constituye un tema de especial interés en zonas montañosas. Hay evidencias históricas, locales, que permiten interpretar el origen de algunos desplazamientos de masa con terremotos, un buen ejemplo de ello lo constituye el Terremoto de San Lázaro (1866). Durante y después de este sismo se produjeron una serie de deslizamientos que represaron al vecino río Jimenez; procesos semejantes a este parecen haberse repetido frecuentemente en la historia sísmica de los Andes venezolanos (10, 11, 27, 29, 32, 45). Por lo demás, grandes desastres provocados por las relaciones entre la dinámica interna y la externa han sido ampliamente documentados en la literatura geomorfológica (3, 1, 43, 44, 45, 53, 56, 61, 63, 67, 74, 75).

1.2 Movimientos de masa relacionados con las vertientes occidentales. El Deslizamiento de El Seminario

En las vertientes ubicadas hacia el flanco occidental de la ciudad de Trujillo, se destaca un sector especialmente crítico: Plaza Medina - Seminario Sagrado Corazón de Jesús (suroeste) (Figura 1: 10D - 10E. Mapa Geomorfológico). Una visión preliminar de las condiciones geotécnicas del sitio es suficiente para detectar su carácter eminentemente inestable. Toda esta área puede ser clasificada con una zona de deslizamientos, donde el desprendimiento de El Seminario es sin duda el más activo.

(i) Deslizamiento de El Seminario

Las edificaciones de El Seminario ocupan el tope de una colina al suroeste de la ciudad (Mapa Geomorfológico). La obra se encuentra hoy en día parcialmente desocupada ya que sucesivos movimientos del subsuelo han afectado gravemente la construcción y las vías de acceso. De un punto de vista estrictamente geomorfológico varios son los deslizamientos que afectan el sitio, véase por ejemplo: en la ladera sur (hacia la vía de Sabaneta) los asentamientos han deteriorado la zona de estacionamiento y dañado algunas de las edificaciones; mientras que en la sección este la importancia de los movimientos hace necesario considerarlos como punto aparte (Plaza Medina-Cerro La Guaira). La Sección mejor documentada, y donde los desplazamientos del terreno son más acelerados, es la ladera norte. En este sector ha sido tan intenso que provocó la destrucción de un ala del edificio y la exposición de las fundaciones en otra. Para el año 1979 se intentó construir una planta de tratamiento y almacenamiento de agua para la ciudad en este sitio, afortunadamente la ejecución de la obra fué paralizada no sin antes haber adelantado los cortes, el relleno y la construcción de algunas instalaciones (23) (Mapa Geomorfológico; perfil AA').

Las condiciones de inestabilidad generalizada de toda esta área del Seminario son notorias. De hecho, en las fotografías aéreas del año 1960 (Misión 010302; 1:10.000) hay suficientes evidencias para pensar que todo este sector se comporta como una verdadera zona de recarga.

Las filitas de la Formación Mucuchachí constituyen el basamento rocoso de toda esta colina. Aunque el conjunto rocoso presenta un denso microplegamiento, su rumbo general es hacia el N(30°)E, con buzamientos en ángulo alto al (40-75°)NW y menores al (20-25°)SE. La orientación de las estructuras determina, localmente, un anticlinal asimétrico con su eje al suroeste y con el flanco más agudo siguiendo la dirección general de la pendiente. Las filitas se encuentran densamente diaclasadas; determinándose a tal efecto dos sistemas principales de fracturas (uno de norte-sur y otro de dirección noreste*). Estas fracturas se encuentran mayormente rellenas por un material de textura limo-arcillosa y el ancho de las aberturas varía de 1 a 5 mm. Diaclasas "limpias" (sin relleno) y con superficies "lisas" son, así mismo, abundantes.

El Deslizamiento del Seminario se encuentra estrechamente controlado por la disposición de los planos de foliación. Sin duda, las condiciones generales de inestabilidad tienden a complicarse por la presente de una falla de rumbo N(55°)E. Este plano de fractura puede ser seguido intermitentemente y se expresa por una zona (1 a 2,5 m) de "arcillas de fallas" (gouge) y superficies de fricción espejos de fallas (slickenside).

De acuerdo a los resultados obtenidos en la exploración del subsuelo (23) (Cuadro 1), es posible inferir un cierto comportamiento diferencial de estos materiales en profundidad, aspecto éste de particular importancia a objeto de definir la verdadera naturaleza del deslizamiento. Véase por ejemplo: a partir de los 14 m se pudo ubicar

*La orientación estructural real de las diaclasas no fueron medidas con precisión debido a las pocas áreas efectivas de afloramiento.

canismo asociado con deslizamientos en plancha (planar) profundo más que del tipo rotacional.

CUADRO 1
DESPLAZAMIENTO DE EL SEMINARIO: RESULTADOS DE LA EXPLORACION DEL SUBSUELO

UBICACION	Nº DE LA PLANCHAS	UNIDAD DE MEDIDA VERTICAL	PROFUNDIDAD (m)	< 200	GRANULOMETRIA ARENA GRASA	(8)	(9)	SM-SC	CLASIFICACION	CONSISTENCIA (DENSIDAD RELATIVA)	MOJEDAD NATURAL (%)	INDICE DE PLASTICIDAD
Vía a El Seminario (1000 m de la Plaza Medina)	1	Sección Media de transporte	1-5	(5)	(8)	(9)	SM-SC	Filits de completamente metarizada (V) a moderadamente metarizada (VII)	De asfianamente	5,3-8,1	5,0	
			5-9					Altamente Fracturada. Filits completamente metarizada (V), muy Fracturada. Finamente foliada. Intercalada con surrios residuales (VI), el cual tiende a comportarse como un material del tipo arenoso grueso acclisado. RPO Igual a 0.	Muy densa			
Vía a El Seminario (1000 m de la Plaza Medina)	2	Sección Media de transporte	15-20	13	12	15	SM	Filits dura (Fresca I) con RPO Igual a 10-20, foliación fina, con burmbntos en ángulo alis (III). Evidencias de metarización a lo largo de los plancas de foliación y circulación de agua por medio de los diaclasis. Roca muy Fracturada.	Muy densa	5,3	4,0	
			1-5,5				DM	Filits Fracturada, de moderadamente metarizada (III) a ligeramente metarizada (II). Interstraciones locales de cuarzo a lo largo de los plancas de foliación. La rata se comporta como una grasa arena lianosa.	Muy densa	4,3-6,0		
			5,5-16	18	07	10	SC	Bueios residuales (II) del tipo arenoso acclisado grueso. Intercalados se pueden reconocer fragmentos de Filits tipo V.	Suelta a muy densa	5,2-20,6	6,5	
			14-20	15	33	32	DM	Filits de altamente metarizada (IV) a completamente metarizada (I); finamente Fracturada. Se comporta como una arena grueso lianosa.	Muy densa	5,7-8,3	2,3-4,3	

Lo realmente significativo de todas estas consideraciones, es la necesidad de lanzar un llamado de alerta sobre el carácter de alto riesgo que presenta toda esta colina de El Seminario. Este deslizamiento puede ser considerado en una fase inicial de desarrollo, de allí la necesidad de implementar un plan de control y seguimientos periódicos.

(ii) Movimientos de masa en Plaza Medina-cerro La Guaira

Se trata de movimientos de un carácter altamente complejos que ocupan toda la sección este del Seminario y se encuentran hoy en día densamente poblados (Figura 1; 9, 5E-10E). Las numerosas evidencias de inestabilidad no sólo constituyen una amenaza para esas viviendas marginales sino para las urbanizaciones Las Araujas, Don Tobías y Mirabel (Mapa Geomorfológico).

Abundan en toda esta sección de Plaza Medina-Cerro La Guaira las filitas de la Formación Mucuchachí, con características muy similares a las ya descritas para El Seminario. Todo este sector ha constituido importante fuente de suministro para los materiales que posteriormente se depositaron entre San Jacinto y el Puente (avenida Cuatricentenaria). La actividad geomórfica actual es intensa, evidencias tales como: asentamientos diferenciales, grietas tensionales y algunas edificaciones seriamente dañadas (por ejemplo, el Grupo Escolar Rosario Carrillo), pueden ser indicativas de una reptación progresiva. En base a las consideraciones anotadas, luce algo arriesgado la construcción de una avenida de enlace entre estos barrios y la Urbanización Tomborón. El uso de técnicas de construcción no adecuadas durante la ejecución de esta obra (falla en los diseños de los cortes, mala selección de los sitios de "bote" y uso inadecuado de materiales de relleno) estuvo a punto de causar una tragedia en áreas densamente pobladas de la ciudad de Trujillo*.

* Para el período de lluvias de noviembre de 1982, una colada de barro se desplazó desde los sitios de "bote" de esta nueva avenida hasta la urbanización Mirabel.

Fuera de las áreas ya analizadas, las cuales pueden ser consideradas esencialmente inestables, existen movimientos de masa menos espectaculares en los sitios ocupados por los barrios Camargo y El Paramito.

2. EL ESCURRIMIENTO SUPERFICIAL EN LOS ALREDEDORES DE LA CIUDAD Y SU IMPACTO EN EL SITIO URBANO.

En el análisis de los efectos del escurrimiento y su impacto sobre el incremento de la sedimentación y sus efectos colaterales en las partes planas de la ciudad, se han podido reconocer dos grandes modalidades. La primera de ellas corresponde a un escurrimiento que genera una erosión del tipo areal y eminentemente difusa, con un flujo laminar y un flujo moderado (9, 46, 69). La segunda categoría corresponde con una erosión lineal concentrada, por afectar más intensamente áreas mayormente restringidas y estrechamente relacionadas con el escurrimiento concentrado (rill erosion) y el cárcavamiento (gully erosion) (31, 46, 69).

2.1 Los principales tipos de escurrimientos en el marco urbano

(i) Escurrimiento Laminar

Son pocas las áreas que pueden ser consideradas afectadas por el escurrimiento laminar. En la quebrada Los Cedros (sector oeste), donde la cobertura boscosa no ha desaparecido completamente, estas formas se presentan a manera de "manchones" en sitios muy restringidos. El escurrimiento laminar posee un ligero efecto erosivo y su acción se circunscribe a los horizontes más superficiales, debido a ello su intensidad parece tener una relación directa con la textura de los suelos. Las características de los materiales superficiales (más relacionados con limos arcillosos o limos arenosos) parecen conferirle al escurrimiento un efecto más lineal.

(ii) Escurrimiento moderado o difuso

La erosión relacionada con este tipo de escurrimiento afecta, al igual que el anterior, los horizontes más superficiales de los suelos, los que tienden a ser delgados. La acción de este proceso suele dejar estructuras "lisas", lo que pare-

ce tener influencia en la reducción de la capacidad de retención, además de ello, juegan un papel importante en la evolución de este tipo de escurrimiento a formas más concentradas (9, 69).

(iii) El escurrimiento concentrado y el carcavamiento

El escurrimiento concentrado es el proceso erosivo por aguas superficiales más extendido en los alrededores de la ciudad de Trujillo. Se trata en todo caso de canales jerarquizados (rills) con profundidades inferiores a los 30 cm. A medida que se intensifica la acción del escurrimiento concentrado, el cual se acelera como consecuencia de la desaparición de la cobertura vegetal (ello ha sido posible establecerlo en la zona mediante el análisis de fotografías aéreas tomadas en lapsos diferentes de tiempo), aparece el carcavamiento. Constituye el carcavamiento la maximización de los procesos erosivos producidos por el escurrimiento superficial.

En el presente estudio se han detectado e identificado los tres tipos de cárcavas descritos en su oportunidad por Heede (46,47,48). Para propósitos comparativos por ejemplo, las cárcavas discontinuas evolucionan a partir de pequeños canales (rills), los cuales tienden a disminuir en las secciones inferiores de los perfiles de vertientes, mientras se amplían en las superiores. No existe en este caso una verdadera jerarquización de la red de drenaje, no obstante las fusiones sucesivas entre los canales permite su evolución al tipo continuo. Las cárcavas continuas suelen iniciarse en la zona de transición cresta-sección media de transporte; la acumulación de pequeños conos de deyección en la sección inferior puede dar una idea aproximada del volumen de material desplazado. Ejemplos de cárcavas continuas puede ser observados entre el Zanjón de Los Monos el Cerro Bichú (vertiente oriental). Algunos anfiteatros originados por derrumbes y deslizamientos pueden asociarse con el desarrollo de este tipo de carcavamiento.

Las cárcavas continuas constituyen las formas máximas de erosión lineal y transporte de sedimentos por efecto del escurrimiento. Etapas intermedias entre cárcavas del tipo continuas/discontinuas son muy frecuentes en la zona y posiblemente indiquen ajustes periódicos entre una forma y otra y no necesariamente cambios violentos; la comprobación de esta idea requiere investigaciones adicionales.

2.2 Relaciones entre el escurrimiento y la expansión de la ciudad de Trujillo.

En períodos de altas precipitaciones (abril-mayo; agosto-noviembre), estos canales asociados con sistemas de cárcavas del tipo continuo, se comportan como cursos efímeros, con tiempos de concentración muy cortos y respuestas casi inmediatas. Esta conducta del subsistema de vertientes produce al arrastre de cantidades apreciables de sedimentos: materiales estos que suelen acumularse en las partes más planas de la ciudad.

Es obvia la relación entre el proceso de urbanización de las vertientes que rodean la ciudad y el incremento de las tasas de arrastre y deposición de sedimentos. Desde el punto de vista geomórfico esta intervención no sólo se ha reflejado en la desaparición de la cobertura vegetal, sino en aspectos tan importantes como la modificación de la topografía. Al igual que en la gran mayoría de las ciudades venezolanas, muchas de las vías de acceso a las áreas marginales funcionan como verdaderos colectores de aguas superficiales en períodos de lluvias.

De acuerdo a los datos disponibles del uso de la tierra en los dos municipios más afectados por la erosión (Matriz y Cristóbal Mendoza), Hernández (49) encontró que para un período de 10 años (1964-1974), los sectores Santa María (al sur) y La Zamora (al noroeste) pasaron de 0,5 y 1,1 Has a 15,1 y 10,2 Has, respectivamente (Cuadro 2). De acuerdo al levantamiento geomorfológico ambos sectores deben ser considerados críticos ya que, muy probablemente, aportan los mayores volúmenes de sedimentos generados por el escurrimiento dentro del casco de la ciudad.

Las zonas de Timirisis, Borón Bajo y Cementerio, ubicados en la margen derecha del río Castán (Mapa Geomorfológico), han experimentado en estos últimos 10 años una aceleración de los procesos erosivos y la reactivación de algunas áreas que parecían haberse estabilizados y se encontraban en franca recuperación. Desde el año 1974 hasta los actuales momentos (1983), se han incrementado notablemente el crecimiento de los barrios marginales en los alrededores de la ciudad. Este proceso de ocupación humana, el cual luce difícil de contener y costoso de corregir, influirá negativamente sobre la estabilidad de todo el subsistema de vertientes y podrá traducirse, a corto plazo, en un incremento notable de la acción del escurrimiento.

CUADRO 2

VARIACION EN EL USO DE LA TIERRA EN AQUELLOS SECTORES MAS CASTIGADOS POR EL ESCURRIMIENTO CONCENTRADO Y EL CARCAVAMIENTO PARA UN PERIODO DE 10 AÑOS (1964-1974) (1)

MUNICIPIOS	SECTORES	USO MARGINAL			PORCENTAJE DE USO MARGINAL DISTRIBUIDO POR SECTORES
		1964	1974	VARIACION ABSOLUTA	
		Has	Has	Has	
Matriz	Santa María	0,5	15,1	14,6	96,37
	El Carmen	3,7	6,1	2,4	39,44
	La Guaira	1,6	6,9	5,3	43,04
Cristóbal Mendoza	Camargo	3,5	6,1	2,6	69,62
	La Zamora	1,1	10,2	9,1	31,16
	Las Tunitas	3,7	8,2	4,5	52,67
	Cerro El Limón	0,6	4,2	3,6	10,38

(1) Datos modificados de Hernández (49)

1.- DINAMICA FLUVIAL DEL RIO CASTAN

La gran mayoría de los sistemas fluviales de la región andina se caracterizan por poseer valles muy confinados, de allí que las vertientes sean más sensibles a cualquier variación anómala en la geometría de los cauces. La sección media del río Castán comprendida entre San Jacinto y La Plazuela, se extiende a lo largo de un estrecho valle donde la dinámica fluvial ha sido restringida y prácticamente encajonada por la incorporación sucesiva de grandes volúmenes de materiales provenientes de las laderas (Cuadro 4). Por lo demás el río Castán, aguas arriba de Las Villitas posee una sección muy estrecha y con elevado gradiente longitudinal, es precisamente en el área de estudio donde alcanza su mayor amplitud para volverse a "encajonar" aguas abajo y nuevamente ensancharse en La Concepción, cerca de su desembocadura en el río Jiménez.

Esta subordinación del río Castán a sus afluentes es particularmente notoria en las cercanías del caserío Las Villitas, 800 m de la confluencia de este curso con la quebrada de Borón (Mapa Geomorfológico). En este sector el río Castán forma meandros del tipo confinado, con numerosos sectores de excavación que han debilitado las secciones inferiores de los perfiles de vertientes e inducido movimientos de masa; dos deslizamientos de grandes extensiones se pueden identificar fuera de los límites del área de estudio (28).

Esta configuración muy particular de la topografía local ha permitido que la quebrada de Borón desembogue con un ángulo de incidencia de aproximadamente 45° , restringiendo los aportes de sedimentos provenientes del río y controlando la morfología de esta sección del valle. Sin duda que el comportamiento de la quebrada de Borón ha sido muy significativo en la historia reciente del sector comprendido entre San Jacinto y Timirisis.

Al comparar la importancia relativa de los dos sistemas de vertientes, que bordean esta parte del valle del río Castán, en relación a la extensión y desarrollo de las redes de drenaje local, llama la atención el número de cursos intermitentes presentes en la zona oriental, donde casi duplica los ubicados en su

contraparte occidental, 61% (105) y 39% (67) respectivamente (Cuadro 3). El número de conos de deyección es, así mismo, mayor en el lado este y también el ancho promedio. No obstante el depósito individual de mayor extensión se localiza al oeste (quebrada Los Cedros). Relictos de la secuencia depositacional desarrollada durante el Cuaternario son muy escasos en las vertientes orientales, donde definitivamente los procesos erosivos han sido muy intensos en la historia geológica reciente de esta sección del valle del río Castán.

CUADRO 3

ALGUNAS CARACTERÍSTICAS DE LOS SISTEMAS DE DRENAJE EN LA CUENCA MEDIA DEL RÍO CASTÁN: SECCIÓN COMPRENDIDA ENTRE SAN JACINTO Y LA PLAZUELA.

UBICACION	Nº DE CURSOS INTERMITENTES	Nº DE CURSOS PERENNES	Nº DE CONOS DE DEYECCION	ANCHURA PROMEDIO DE LOS CURSOS (m)	DIRECCION PREDOMINANTE DE LAS CRESTAS PRINCIPALES.
Vertientes Orientales	105	8	18	2,7	Este-oeste, norte sur oeste
Vertientes Occidentales	67	7	11	1,9	Noreste a suroeste, y este-oeste

El río Castán se encuentra subordinado a la conducta de los torrentes locales, hasta el punto que la mayor actividad actual de este curso corresponda a procesos de excavación de aquellos depósitos acumulados por sus tributarios. Al examinar en detalle el patrón de drenaje del río Castán, en esta sección media, se pueden observar algunas variaciones en la morfología del cauce; cambios estos que muy probablemente estén influenciados por el conjunto de quebradas que constituyen sus afluentes.

CUADRO 4

CARACTERISTICAS DEL PATRON DE DRENAJE DEL RIO CASTAN: SECCIONES COMPRENDIDAS ENTRE EL CASERIO LAS VILLITAS Y EL MONUMENTO A LOS HEROES

TRAMO	CARACTERISTICAS DEL PATRON DE DRENAJE
Caserio Las Villitas hasta el Club Militar	Meandros de sinuosidad moderada y tendencia al desarrollo de bancos transversales.
Club Militar hasta el puente de la avenida Cuatricentenario	Cauce recto (influenciado por rectificaciones) con tendencia a meandrase cerca del puente.
Entre el puente de la Avenida Cuatricentenario hasta frente urbanización El Recreo.	El río Castán tiende en esta sección a diverger y encontrarse a lo largo de bancos, tanto centrales como laterales, pero siempre dentro del cauce (este patrón de acuerdo a la terminología de Schumm* corresponde más al tipo "braided" y no al anastomosado). Los bancos predominantes son del tipo longitudinal y tiende a ser inestables; localmente se observan estructuras imbricadas y estratificación (delgada) de materiales más finos que la grava. Este comportamiento del río en la sección analizada, posiblemente tenga relación con la entrada, a un lado de la urbanización El Recreo, de la quebrada de El Rincón y la aparición de un nivel de base local.
Desde la urbanización El Recreo hasta un sector ubicado frente a los depósitos obras públicas.	Meandros de moderada sinuosidad. El río muestra varias áreas de socavación activa. Estos meandros posiblemente sean inducidos por la quebrada de El Rincón.
Desde el sector anterior hasta el Monumento a los Héroes.	El río tiende aquí a formar un patrón recto de trecho en trecho y meandros de baja sinuosidad. El cauce está aquí fuertemente controlado por una serie de depósitos torrenciales lo que ha obligado al río a encojarse parcialmente.

* Schumm, A.S. "Fluvial geomorphology: the historical perspective". En: Shen, H.W. (Editor), River Mechanics, Fort Collins, Co., 1971. 153-176.

Las relaciones entre el río Castán y sus afluentes pueden ser especialmente críticas en el caso de cualquier desfase entre sus respectivos "picos de crecidas" (50). Por ejemplo, en el área de confluencia de la quebrada El Rincón en el río (Figura 1) existen condiciones topográficas susceptibles de generar un represamiento, lo que podría traer como consecuencia una inundación generalizada aguas arriba de este sector. Otras áreas vulnerables que pueden ser señaladas lo constituyen las desembocaduras de las quebradas Borón y Moco y en el río Castán. Finalmente en el Cuadro 5 se señalan algunas características adicionales de este importante curso.

2. LOS DIFERENTES NIVELES DE ACUMULACION Y SU POSIBLE SIGNIFICADO PALEOAMBIENTAL

De acuerdo al modelo de sedimentación utilizado para explicar los diferentes niveles depositacionales correspondiente a la secuencia del Cuaternario, existiría un sincronismo entre ambientales secos (climas semiáridos) con la acumulación de sedimentos (5,6,22) y ambientales húmedos con disección. En los períodos correspondientes a la acumulación de grandes espesores de materiales, predominaba una vegetación dispersa y precipitaciones muy concentradas (torrenciales), condiciones estas que facilitaron la movilización de grandes volúmenes de sedimentos a lo largo de las vertientes y de las cuencas de drenaje. A continuación y a manera de ciclo, seguía un clima más moderado, precipitaciones mejor distribuidas y el dominio de una vegetación más densa permitieron una regularización de los caudales de los cursos y por tanto el inicio de un proceso de disección. Tricart y Millies-Lacroix (73) determinaron cuatro niveles depositacionales en Los Andes venezolanos, correspondientes al mismo número de ciclos (en Australia se han definido tres y en la Cordillera Central de Colombia, hasta cinco). En el valle del río Motatán (cuenca superior) Schubert y Valastro (62) englobaron sus cuatro niveles con el nombre de Formación Esnujaque, encontrando algunos problemas con las edades absolutas de dicha unidad. En el área de Lagunillas de Urao, localidad en los Andes centrales venezolanos, fueron también determinados cuatro niveles, en otras áreas andinas

CUADRO 5

ALGUNAS CARACTERÍSTICAS DEL RÍO CASTÁN: SECCIÓN COMPRENDIDA ENTRE EL CASERIO LAS VILLITAS HASTA EL CERRO LOS MONOS (MEDICIONES HECHAS A PARTIR DEL PLANO 1:2.500 DEL MINISTERIO DE OBRAS PÚBLICAS) (enero, 1970)

UBICACIÓN DE LA SECCIÓN	ANCHO DEL RÍO (ÉPOCA SECA) (m)	AMPLITUD DEL VALLE	GRADIENTE (%)	DIRECCIÓN	OBSERVACIONES
Casario Las Villitas (150 m aguas arriba del puente)	40	300	5	NNE	En la sección medida se observa un banco constituido fundamentalmente por grava y arena gruesa. El río sufre un curso de desviación de modestas dimensiones.
Casario Las Villitas (50 m aguas abajo del puente)	17	125	5	NW	El Cañón erosiona en este punto un tramo de la carretera, no hay depósito en el cauce.
Frete al Parque	10	105	-	NNE	
Detrás de la Estación de servicio (35 m aguas abajo de la confluencia del Burón con el río Castán)	10	385		NNE	El aporte de sedimentos por parte de la quebrada Tabarón (cuya desembocadura corregida se ubica a 27 m de la Estación) parece jugar un papel muy importante en la formación del conjunto de bancos (longitudinales y laterales) ubicados a unos 80 m aguas abajo. Todos los sectores que bordean al río y las quebradas Tabarón y Burón presentan altos riesgos para el conjunto de organizaciones que rodean toda esta zona.
Sección comprendida entre el Club Militar y el puente de la avenida Castri-centenaria	14	300	8-13	8-5	El río se encuentra en esta sección confinado por la deposición de materiales provenientes de ambas vertientes de ambas vertientes. El mayor caudal de las torrentes situadas al oeste ha obligado a este curso a retirarse a su ribera derecha. Hay deposición de gravas medianas en el cauce.
Desde el puente hasta 200 m del taller de Herrajería	De 20 a 30	400	5-7	8-5	Se nota aquí una mayor influencia de las torrentes provenientes de las vertientes situadas al este, lo que ha obligado al río Castán a socavar los bordes de la sección distal del cono de Los Cedros.
Desde el punto anterior hasta la calle 6a. (Derecha)	10-20	2.400	8-15	475%	El Valle del Castán alcanza su máxima amplitud al inclinarse al curso de la quebrada Los Cedros. Importantes zonas de socavación se ubican en este tramo; la más importante afecta al Barrio Las Trincheras (incluye la desembocadura Los Cedros/Castán). En este sector se ha medido una extensión aproximada de 300 m (sección de la corona) con una altura cercana a los 35 m. Otro punto importante de socavación, de extensión más modesta, se ubica en las proximidades de la calle 6a. (Derecha). Los riesgos por caídas en estos sectores son altos. El cono de desviación formado por la quebrada El Hincio ejerce un control determinante en la morfología y en el patrón de drenaje de esta sección del río. En este tramo se encuentran las incisiones más profundas, desde 20 hasta 80 m, realizadas por el Castán en el borde del cono Los Cedros.
Desde frente a la calle 6a. hasta frente al cerro Los Monos	8-20	400-800	13-17	8-5	El curso del río se encuentra controlado estrechamente por una serie de torrentes de curso recortado y alta concentración. Los principales se ubican entre el Cerro Los Monos y Bichú. El curso del Castán corta (en su ribera izquierda) materiales del cono Los Cedros hasta la altura del Cuartel Rivera/Dávila (al norte de la ciudad) aguas abajo de este sector la incisión se produce en materiales más recientes y pertenecientes a torrentes locales.

el número de niveles es sensiblemente menor debido a condiciones topográficas más restringidas y por tanto menor capacidad de preservación (24,29,30).

El control climático como factor fundamental para definir estos ciclos de colmatación/incisión fueron originalmente establecidos en base a criterios topográficos y pedológicos (5,6,22). Evidencias de este tipo no son suficientes para establecer correlaciones. A un factor estrictamente climático para explicar estas formas, Shagam (65,66) contrapone un criterio fundamentalmente tectónico como causa fundamental y sin dejar de reconocer la influencia del primero. La combinación de factores tectónicos y climáticos lucen razonables como modelo general para explicar los cambios y ajustes de los cauces a lo largo del Cuaternario. A un nivel más local, una cuenca por ejemplo, las variaciones microclimáticas parecen jugar un papel más importante. En este sentido la influencia de eventos extremos -procesos episódicos- (21), con una frecuencia relativamente corta entre sí, pueden ser más significativos en la geometría y extensión de los cuerpos sedimentarios. La posibilidad de interpretar las secuencias aluviales y aluvio torrenciales en función de relaciones magnitud/frecuencia luce como una alternativa válida para no aplicar mecánicamente el modelo cíclico (25,31). En este mismo sentido el estudio de sedimentos lacustres en diferentes pisos de los Andes puede aportar información muy valiosa sobre los paleoambiente predominantes a lo largo de algunos valles (B. Weingarten, trabajo en progreso).

De predominar factores locales la correlación valle a valle se dificultaría enormemente, de allí la importancia de intentar contar con un modelo regional. Los niveles de relleno y el posterior encajonamiento (entrenchment) de los cursos -ríos principales y quebradas- pueden haberse producido de una manera rápida y compleja, sin que por ello haya sido necesario la intervención de un cambio climático. Investigaciones recientes en la estratigrafía aluvial del Cuaternario tienden a acercarse a este punto de vista más localista.

La intervención antrópica puede acelerar los procesos de disección y sedimentación, especialmente por cam-

bios de la cobertura vegetal y no necesariamente asociados con variaciones importantes de la precipitación. Cambios acelerados en la morfología de las vertientes han sido también observados en los Andes Venezolanos, es el caso de los sistemas de cárcavas de la Machirí en la cuenca del río Torbes. (24,29,30) y San José en la cuenca superior del río Uribante (31); en esta última se ha estimado un volumen superior a $2,5 \times 10^6 \text{ m}^3$ de materiales removidos en apenas 15 años.

En secciones estrechas como las del río Castán, donde las vertientes se unen directamente con el fondo del valle, cualquier cambio violento en las secciones superiores de las microcuencas implicaría una respuesta rápida, de allí que posiblemente las variaciones de ambiente sucedidas durante el Cuaternario, correspondieron a períodos relativamente cortos.

2.1 Los diferentes niveles depositacionales

En la sección media del río Castán se pudieron diferenciar tres eventos depositacionales, en base principalmente a la posición topográfica de cada una de las unidades y a las condiciones de alteración del material granular. El primer nivel fué definido como Qcd2* (el Qcd1 corresponde con los sistemas de explayamientos de la formación Carvajal (70) en los alrededores de la ciudad de Valera), cuyos restos más o menos dispersos pueden ser observados en el sector de Timirisis - Cementerio (este) y el Barrio Camargo (oeste). Se trata de pequeños restos, muy disectados y con fuentes de suministros locales, la dinámica parece haber correspondido a coladas de barro o flujos de detritus. En los fragmentos muy meteorizados se pudieron reconocer restos de cuarcitas, la matriz es predominantemente limo arcillosa. Los bordes de los taludes varían de 20 a 60 m en Timirisis, pero son más modestos en el sector Camargo; esta secuencia se encuentra entallada por materiales más recientes del tipo Qcd3 (Cuadro 6).

CUADRO 6

CARACTERÍSTICAS SEDIMENTOLÓGICAS DE ALGUNOS DEPOSITOS CUATERNARIOS DE LA CIUDAD DE TRUJILLO

INDICACION	NIVEL DEPOSITACIONAL	POSICION SECTORIOLOGICA	REFERENCIO (a)	GRANULOMETRIA (b)	DISPOSICION DE LOS CARGOS	MONOLOGIA	CONSTITUCION LITOLÓGICA DE GRAVAS Y BLOQUES	GRADO DE COMPACTACION	OBSERVACIONES
Urbanización El Bocado	Qcd2(a)	Cono de deposición	(2)	25 40 19	Heterométricos	Subangulares	Areniscas, cuarcitas, filitas y conglomerados	De no compacto a poco compacto	Localmente se presenta capote de 20 a 50 cm de arena fina, bien seleccionada. Perfil bien drenado, material grueso franco.
Excavación entre Dos Tablas y Las Brujas	Qcd2(b)	Cono de deposición	(4)	24 45 20	Heterométricos	Subangulares	Filitas	Poco compacto	Material muy desordenado y dispuesto caóticamente. Pequeños locales de drenaje asociados con delgados lentos de grava y arena fina. Material fresco.
Deposito asociado con el Zanjo de Los Nenos (perfil expuesto por el río Castán)	Qcd2(b)	Cono de deposición	(8,5)	62 17 21	Heterométricos	Subangulares	Filitas	Poco compacto	Disposición altamente desordenada; localmente se presenta contacto abrupto entre capas de sedimentos con características semejantes. Buen drenaje latero.
Sección distal del cono Los Señores	Qcd3	Cono de deposición			Heterométricos	Sobredensados	Areniscas, cuarcitas y conglomerados	Compacto	Buen drenaje, evidencias locales de meteorización en superficie. Restricción y aparentemente sin continuidad lateral existen lentos de material más fino.
Excavación en el Barrío Las Irishas	Qcd3	Cono de deposición			Heterométricos	Sobredensados	Areniscas, cuarcitas y conglomerados	Compacto	Disposición desordenada y carencia completa de estratificación.
Barrío El Caimanero	Qcd2	Cono de deposición	(1,10)	22 25 32	Altaente heterométricos	Subangulares	Filitas y metalositas	Compacto	Se trata de pequeños remanentes adheridos a las vertientes, con un estado de preservación muy pobre. Estos son muy meteorizados; abotados en una matriz lizo arcillosa.

El segundo nivel, el cual ocupa cotas más bajas que el anterior, se denomina Qcd3 y como depósito individual alcanza la mayor extensión y se relaciona con la quebrada Los Cedros. Esta acumulación tiene mucha importancia por ser el asentamiento original de la ciudad. El cono de deyección correspondiente al nivel Qcd3 posee una orientación N25°E, con cambios de dirección a la altura del Barrio Las Trincheras, para tomar una nueva dirección de N65°E. Los materiales depositados en el cono son altamente heterométricos, con cantos de 35-45 cm, subredondeados y consisten principalmente de cuarcitas y areniscas. En general estos sedimentos varían de compactos a poco compactos y fueron observados algunos cambios laterales en espesor y textura. Hacia la sección distal abundan lentes delgadas de una grava arenosa alternando con bloques y cantos dispuestos desordenadamente y con una selección muy baja; estos sedimentos parecen equivalentes y materiales del tipo abanico medio (4,12,58) (Cuadro 6).

El cono de deyección de la quebrada Los Cedros se relaciona con una cuenca de modesto tamaño (Mapa Geomorfológico); ahora bien, los sedimentos de este nivel parecen relacionarse con desplazamientos en masa provenientes de los sectores superiores y medios, con una tendencia a depositar estos materiales tanto en forma de flujos de detritus como inundaciones normales en la sección distal. El empuje de toda esta masa aparentemente rebasó los límites del valle alcanzando la ribera opuesta y represando el río Castán (Figura 1: M11). En la urbanización El Recreo existe un depósito remanente y a la misma altura del nivel principal del Qcd3 (sección apareada); aguas arriba del Castán y hacia su margen derecha existe un conjunto de acumulaciones que posiblemente tengan relación con este intervalo (Figura 1: N,5 y 9,4). Represamientos debido a torrentes locales han sido registrados a lo largo de los Andes Venezolanos (Ferrer 24, Ferrer y Cabello 29,30) en la cuenca del río Torbes; Tricart en Lagunillas de Urao, y, posiblemente los sedimentos lacustres reportados por Schubert y Valastro (62) para la cuenca del río

Motatán se haya originado por obstrucciones de este tipo). Estas evidencias permiten subrayar la gran importancia de los aportes laterales y la poca actividad de los cursos principales durante los períodos de acumulación. Con las reservas del caso, ya anotadas con anterioridad, esta secuencia posiblemente sea correlativa con el intervalo más reciente de la Formación Esnujaque (Terreza 1) de Schubert y Valastro (62).

Los depósitos definidos como de "cuarto nivel" (Qcd4), ocupan una posición más baja que los Qcd3 y una profundidad de incisión menor. En base a su geometría y ubicación topográfica, pudieron a su vez ser subdivididos en dos intervalos menores (descriptivamente "a" para el Sub-actual, y "b" Actual). Evidencias de represamiento de este nivel pueden ser observados entre el puente de la avenida Cuatricentenaria y la urbanización Tomborón; un cono de deyección de dimensiones más bien modestas y cuya sección apical apunta hacia el Cerro La Guaira y la sección distal corresponde al sitio hoy en día ocupado por las urbanizaciones Las Araujas, Don Tobías y Mirabal. Este cono de deyección obturó el río Castán en esta sección del valle y permitió la acumulación de un depósito paralelo a ese curso, evento que fué adicionalmente favorecido por los aportes de la quebrada Borón (Mapa Geomorfológico); las texturas predominantes en esta acumulación varían de arena gravo limosa a grava areno limosa, con algunos lentes de arena gravo arcillosa (Cuadro 6). El contacto de estos materiales, productos de la obturación del valle, no es muy nítido en parte por ser un área densamente poblada, en las fotografía aéreas el contacto puede establecerse aproximadamente desde la unión de la avenida García Paredes con Castán y calle 10 con avenida Castán (Figura 1). El río disecta la sección distal del cono produciendo una incisión cuya profundidad varía de 5 a 10 m.

El nivel clasificado como Actual (b) ocupa extensiones muy modestas y tienden a formar sistemas coalescentes. Los materiales propiamente modernos se restringen a los cauces de quebradas y del río Castán.

Obtener una visión a los antiguos ambientes depositacionales de esta parte de los Andes Trujillanos no es tarea sencilla, en especial en el área de estudio donde sólo hay evidencias de los intervalos más jóvenes. Ha predominado la erosión, facilitada por los estrechos valles y empinadas vertientes y las acumulaciones remanentes han desaparecido, tampoco fueron detectadas evidencias de paleosuelos o de suelos enterrados. Y no están expuestos los contactos entre las unidades cuaternarias. La ausencia de estructuras características de ambientes aluviales, algunos lentes de grava y arena encontrados en forma dispersa en algunos intervalos podrían ser indicativos de relleno del tipo desborde (water-laid), en contraste con el casi absoluto predominio de acumulaciones pobremente seleccionadas con bloques y cantos de diferentes tamaños embutidos en una matriz fina. Estas condiciones hacen suponer una depositación en forma de flujos de detritus combinados con arrastres torrenciales (2,15,25,76).

SINTESIS Y CONCLUSIONES

Valles estrechos han definido la morfología urbana y obligado a la ciudad de Trujillo a expandirse hacia el norte, a lo largo del río Castán. Este progresivo y acelerado crecimiento hacia sectores más amplios, planos y de mayor estabilidad, de la Concepción, Pampán, Pampanito y finalmente Valera, en una de las características más interesantes del proceso de conurbación. Las condiciones físicas de los alrededores de Trujillo limitan seriamente el crecimiento de la ciudad, la presión ejercida por la intervención antrópica sobre los sistemas de vertientes y en la totalidad de las microcuencas y redes fluviales principales, generan un cuadro de riesgos naturales altamente preocupante.

El patrón de fallamiento, el cual parece asociarse el sitio urbano, está íntimamente relacionado con las zonas de fallas de Arbol Redondo. Estructura esta de carácter regional, considerada como un conjunto de fallas secundarias, y con claras evidencias de actividad reciente, tal y como se demuestra por los sucesivos eventos sísmicos que han afectado a toda esta zona. Tectónicamente son importantes para el marco urbano las fallas de El Zamuro

y Trujillo; estructuras que no obstante presentan evidencias locales de movimientos verticales, sin descartar por ello desplazamientos más bien transcurrentes sinestrales a nivel regional. Las rocas predominantes en el subsuelo y en las vertientes que rodean a Trujillo, son del tipo metapelíticos (filitas, metalimolitas y esquistos cloríticos, restringidos estos últimos a zonas de fallas donde claramente delatan su origen) y en menor proporción metacuarcitas. En el área estas rocas se presentan densamente plegadas y con un alto grado de fracturamiento, ello se expresa mediante un bien desarrollado sistema de diaclasas. En general, el comportamiento geotécnico de estas rocas es pobre y tienden a colapsar en cortes y asentarse diferencialmente.

Desde el punto de vista geomórfico destaca el carácter netamente asimétrico del valle en esta sección del río Castán. Esta característica permite zonificar los movimientos de masas más importantes, ya que los mismos reflejan la influencia de la orientación, por tanto del ambiente y el microclima, sin olvidar el control sísmico sobre la mayoría de ellos. Esta distribución espacial muestra una mayor concentración de tales eventos en las vertientes y microcuencas orientales, donde incluso las relaciones entre el fallamiento regional y el colapso de las laderas (bajo la forma de deslizamiento y flujos saturados) posee una relación muy estrecha. Las características geomórficas de estas vertientes situadas al este de la ciudad indican grandes acumulaciones de materiales desplazados en forma de deslizamientos, tales son los casos de Lambedera, Borón y otros. Es claro que las tasas actuales de estos procesos no reflejan la intensidad de los movimientos iniciales; dicho de otra forma, los datos obtenidos en el presente estudio tienden a señalar que bajo las actuales condiciones ambientales una gran parte de los procesos activos corresponden con eventos del tipo alta frecuencia baja magnitud. Las probabilidades de reactivación de algunos movimientos de masa en estas vertientes orientales hacen especialmente vulnerables zonas de gran densidad de población. En los sistemas de vertientes ubicados al oeste, y en contacto más directo con la ciudad, la gran mayoría de los movimientos de masas activos son consecuencia directa del impacto humano; destaca aquí el Deslizamiento de El Seminario. Este deslizamiento pudo ser analizado exhaustivamente por disponerse de algunos datos del subsuelo. Así mismo se detectaron algunos fenómenos asociados con flujos de detritus

que pudieron haber ocasionado represamientos en el río Castán. Finalmente, la distribución de las precipitaciones (800-850 mm/año), en comparación con aquellas situadas al oeste (1.600 mm/año); ello podría reflejar el gran control ejercido por la tectónica y en especial por la sismicidad sobre la distribución y comportamiento de estos grandes movimientos de masa.

Se pudieron establecer estrechas relaciones entre el crecimiento acelerado de algunos barrios marginales (situados sobre vertientes) y el incremento de las tasas del escurrimiento superficial y arrastre de sedimentos y la consecuente depositación, problemas este especialmente grave y con una clara tendencia a su incremento en los próximos años.

En base a evidencias de campo se definieron tres niveles de acumulación de sedimentos. En relación al posible origen de tales depósitos se plantea una visión más local para explicar los cambios y ajustes de estos causes. En valles con secciones tan estrechas como los analizados en la ciudad de Trujillo, cualquier cambio en los sectores superiores de las microcuencas implicaría una respuesta rápida. En base a esta premisa se puede explicar el carácter altamente torrencial de los flujos que dieron origen a estos depósitos y las numerosas evidencias de represamientos locales.

La dinámica del río Castán luce cambiante, lo que podría ser considerado normal tratándose de un curso de montaña. En base a un análisis detallado del patrón y morfología del cauce, se pudieron detectar algunas secciones que justificarían un análisis mucho más detallado. El estudio de los cambios en la configuración del drenaje son de especial importancia en la predicción de la futura conducta hidráulica de estos cursos.

En fin, el estudio ahora presentado constituye un inventario sobre los procesos y las formas resultantes en un área urbana de los Andes venezolanos, y puede ser considerado un intento para abordar con seriedad los múltiples problemas generados por una intervención antrópica caótica e irresponsable.

AGRADECIMIENTOS. Debo agradecer a Edgar Hernández, Francisco Martínez y Uswaldo Cabello la revisión crítica de una versión preliminar de este trabajo y contribuyeron con sugerencias valiosas a mejorarlo, no obstante la entera responsabilidad es del autor. Debo agregar que mi experiencia sobre los Andes venezolanos y su problemática geomorfológica se ha visto enriquecida por las estimulantes discusiones sostenidas con: Raul Estéves, Raul García J., Carlos Schubert y André Singer.