

FORMACIONES SUPERFICIALES Y PROCESOS MORFODINÁMICOS EN LA CUENCA DEL RÍO NOSARA

THE SUPERFICIAL FORMATIONS AND MORPHODYNAMIC IN THE NOSARA RIVER BASIN

Aurora Hernández Ulate *
aurorahernandezulate@gmail.com

Fecha de recepción: 26 marzo 2010 - Fecha de aceptación: 2 setiembre 2010

Resumen

Las formaciones superficiales en la cuenca hidrográfica del río Nosara presentan procesos denudacionales que permiten diferenciar tres sectores en la cuenca. En el primero de ellos, en el área de las montañas, la erosión hídrica forma numerosos pedestales en laderas y cortes de carreteras. No fue posible identificar en esta zona otras formas de erosión en laderas como la reptación de los árboles o la presencia de cárcavas. En el segundo, las colinas, se pueden distinguir procesos más agresivos de erosión hídrica, los cuales han marcado surcos poco profundos (de uno a dos metros de profundidad) en la mayoría de los casos en las laderas y han dado origen a pequeñas cárcavas, no en las partes altas de las colinas, sino al pie de estas. El tercero, la zona de las depresiones tectónicas se presenta como una zona de depósito, donde los principales cambios y acreciones se pueden observar en los cauces de los ríos, como por ejemplo, en las barras de punto o centrales de los ríos Nosara y Montaña.

Palabras clave: *formaciones superficiales, cuenca del río Nosara, erosión, textura del suelo, sedimentación.*

Abstract

The superficial formations in the Nosara River basin present denudations processes that allow differentiate three sectors in the basin. First, in the mountains, hydraulic erosion forms numerous pedestals in the hillside and road cuts. It was not possible to identify in this area other forms of erosion in hillsides like the presence of ditches. Second, in the hill, more aggressive hydraulic erosion processes are visible; they have caused not very deep grooves (from one to two meters depth) in the most of the cases in the hillsides and have formed small ditches, not in the highest parts of the hills but on their lowest parts. Third, the tectonical depressions present the sedimentation as the process of accretion and changes, for instance, the point and central bars of the Nosara and Montaña Rivers.

Key words: *superficial formations, Nosara River, erosion, soil texture, sedimentation*

* Universidad Nacional

Introducción

Las formaciones superficiales en la cuenca hidrográfica del río Nosara se describen a partir de los materiales encontrados en la superficie, que no forman roca consolidada, que están compuestos por los depósitos cuaternarios y los suelos que se desarrollan sobre las formaciones geológicas. Se pueden clasificar estas formaciones superficiales en tres unidades: la correspondiente a los depósitos aluviales, las que se observan en las filas montañosas de la cuenca y las que se presentan en las áreas de las colinas onduladas a muy onduladas de la cuenca media. El análisis de formaciones superficiales integra el entendimiento de la geomorfología y los procesos denudacionales los cuales afectan las formas y el desarrollo de los suelos.

La denudación de las formaciones superficiales es originada por el arranque y acarreo de las partículas por varios procesos erosivos, y su complemento es la depositación, y ambos representan las fases exogénicas fundamentales (Fairbridge, 1968). Los procesos denudacionales naturales se pueden acrecentar por la degradación de los suelos y las rocas ocurrida como consecuencia de los usos actuales de la tierra y los procesos de cambio ambiental, como las transformaciones de la cobertura natural. Adicionalmente, como consecuencia de usos inapropiados, desde el punto de vista del manejo sostenible de la tierra.

Las formaciones superficiales en la cuenca hidrográfica del río Nosara aparecen representadas en un mapa en el cual se clasifican a partir de los materiales que se encuentran sobre la superficie del territorio y no forman roca consolidada. Es importante señalar que no fue posible observar sitios donde la roca o material geológico de base estuviera totalmente expuesto, con excepción de los cursos fluviales y en los perfiles, principalmente en los cortes realizados para la apertura y mejoramiento de caminos. De manera que están compuestas por los suelos los cuales se han desarrollado sobre las formaciones geológicas y los depósitos cuaternarios.

Como punto de partida, se puede afirmar que en el área de estudio se han realizado estudios de geomorfología, principalmente desarrollados por Madrigal (1976); Bergoing

y Battistini (1983) y Bergoing (1998). Además, Bergoing, Brenes, Malavassi y Jiménez realizaron los mapas geomorfológicos de todo el país a 1:100.000, los cuales fueron publicados en 1982 y fueron consultados para este trabajo.

Materiales y métodos

Las formas del terreno están afectadas por dos procesos, la erosión y la sedimentación, los cuales se caracterizaron para la zona de estudio a partir de las observaciones de campo y fueron complementadas con procesos de laboratorio. El trabajo realizado de campo consistió en la observación del relieve, la corroboración de datos, la comparación de formas versus la constitución rocosa o de los sedimentos y la caracterización y muestreo de los materiales inconsolidados. Es importante aclarar que la zona oeste y central de la cuenca hidrográfica del río Nosara resultó poco accesible dada la falta de caminos.

En el laboratorio del Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA) se procesaron las muestras para determinar la textura de los suelos. Posteriormente, los colores de las muestras se identificaron a través de la Tabla de Color de Munsell (2000) y se determinaron los límites de Atterberg.

Cuenca hidrográfica del río Nosara

La cuenca hidrográfica del río Nosara se localiza en la Península de Nicoya frente al Océano Pacífico y se ubica entre las coordenadas $9^{\circ} 57'07''$ y $10^{\circ}10'56''$ de latitud norte y de $85^{\circ}42'02''$ y $85^{\circ}23' 09''$ longitud oeste. Tiene un perímetro de 125,6 kilómetros y está delimitada al norte por las Lomas Cola de Gallo, las Lomas Esperanza y los Cerros Vista de Mar, al noreste por las lomas Rayo y Molinillo y la Fila Matambú, y al sureste por Fila Maravilla, principalmente.

El río Nosara es el curso principal del sistema hidrográfico del mismo nombre y se une en la parte baja de la cuenca hidrográfica a los ríos Montaña y Quebrada Seca, constituyendo los tres una sola unidad hidrográfica que drena un área de 418,8 km², de los cuales 338 corresponden al río Nosara, 75,23 al río Montaña y 5,75 al Quebrada

Seca. Este sistema hidrográfico se desarrolla con una dirección noreste hacia suroeste en la desembocadura y posee una longitud de unos 36,2 kilómetros en el cauce principal, 31 kilómetros en el río Montaña y 8,3 kilómetros en el río Quebrada Seca.

El modelado de la cuenca del río Nosara se caracteriza por el predominio estructural como se aprecia en la forma de los valles, la presencia de evidentes lineamientos estructurales y fallas tectónicas que definen la forma y orientación de las geoformas y en el patrón de los cursos fluviales que siguen la orientación de estas fallas y lineamientos. Dos elementos importantes que influyen en las orientaciones de las formas en la cuenca hidrográfica del río Nosara son las fallas Nosara y Quirimán. La falla del Nosara fue identificada por Dengo (1962) y la describió como parte del sistema de fallas normales, longitudinales y con rumbo este – oeste, posiblemente relacionadas con movimientos tectónicos del Mioceno. También Dengo (1962) identificó la falla Quirimán, la cual describió como parte del sistema de fallas normales con una dirección general de N – S. La presencia de las fallas tectónicas y los lineamientos estructurales determinan también la dirección de los colectores principales de la red hídrica, pues siguen en gran medida las orientaciones estructurales que estos provocan, por lo tanto, son redes de drenaje clasificadas en algunos sectores como rectangulares.

Aspectos geomorfológicos de las formaciones superficiales

Las formaciones superficiales en la cuenca hidrográfica del río Nosara aparecen representadas en un mapa en el cual se clasifican a partir de los materiales que se encuentran sobre la superficie del territorio y no forman roca consolidada. Es importante señalar que no fue posible observar sitios donde la roca o el material geológico de base estuvieran totalmente expuestos, con excepción de los cursos fluviales y en los perfiles, principalmente en cortes realizados para la apertura y mejoramiento de caminos. Para la elaboración de este mapa, se ha realizado una clasificación de las formaciones superficiales, considerando

su basamento, las formas del relieve, las observaciones de campo sobre los procesos erosivos y de depositación que se producen en ellas y se ha evaluado sus espesores, aportándose datos puntuales de los estos, provenientes de la recopilación de datos realizada por observaciones directas en los 36 perfiles de muestreo.

Considerando esto, se identificaron tres grandes formaciones superficiales en el área de estudio: las áreas de depósitos, las zonas de montañas y el área de colinas onduladas a muy onduladas (figura 1).

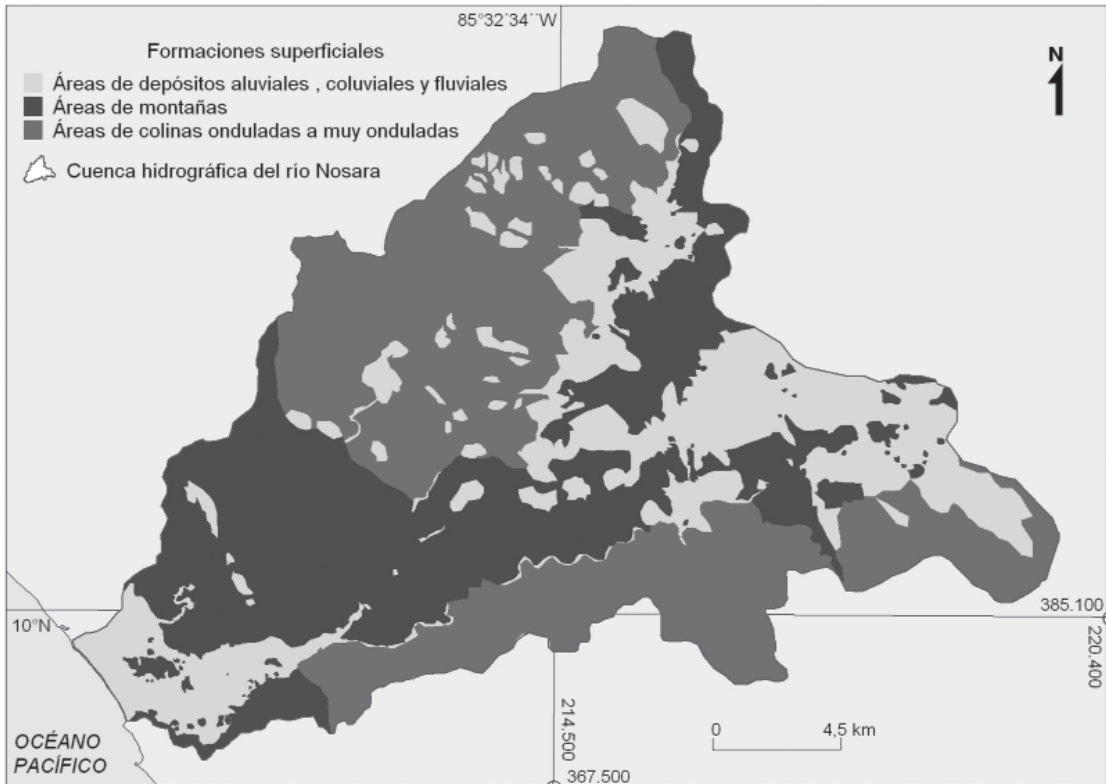
Áreas de depósitos. Las formaciones superficiales en áreas de depósitos pueden ser aluviales, fluviales y coluviales y se las ubica principalmente en las depresiones tectónicas Caimital, Quirimán y Nosara. Los depósitos aluviales pueden alcanzar entre 80 a 90 cm y este relleno queda expuesto para su observación en los algunos bordes de los cauces de los ríos y en zonas que por el trazado de la carretera quedaron expuestas como perfiles. Por otra parte, donde la topografía da lugar a las colinas residuales, únicamente se observa un escaso desarrollo del suelo, de alrededor de 5 cm.

Los depósitos coluviales de pie de montes se observan con orientación paralela a los tributarios principales. Su origen se asocia a los escarpes de falla y consecuentemente producen las acumulaciones de materiales coluviales provenientes de las partes altas de las colinas y montañas.

Los depósitos de la cuenca media se encuentran sobre una base litológica correspondiente al Complejo de Nicoya y en la parte baja, sobre las rocas sedimentarias del Supergrupo Garza. Sobre ambas litologías los suelos presentan principalmente una textura arcillosa y sus coloraciones son 7.5YR 4/3, 7.5YR 3/3 y 7.5YR 3/2.

Los sedimentos fluviales en forma de barras de punto y centrales en los ríos de la cuenca media están formados por guijas, guijarros, guijones y bloques, los cuales pueden ser observados, como por ejemplo, en la comunidad de Nosarita. El río Nosara a su paso deja depósitos formados por guijas y guijarros redondeados, bien seleccionados y en su paso por Juntas, donde confluye con el río Nosara con el río Quirimán, es posible observar en los depósitos guijas,

Figura 1



Elaborado por: Aurora Hernández Ulate

guijarros, guijones y bloques de formas subredondeados, subangulares y angulosos.

En cuanto a los resultados de los límites de Atterberg, los depósitos aluviales, presentan las siguientes características: a) un 45% en el límite líquido (LI), indica una expansividad de baja a media y una cohesión de las partículas que evita que la masa del suelo fluya por la gravedad; b) un índice bajo de plasticidad, del 11,9% (Ip) y un límite de contracción (Lc) de 16%. Estos resultados indican que esta formación realiza una infiltración moderada del agua superficial, lo cual está en concordancia con el predominio de la textura arcillo limosa y arcillo arenosa en algunos sectores.

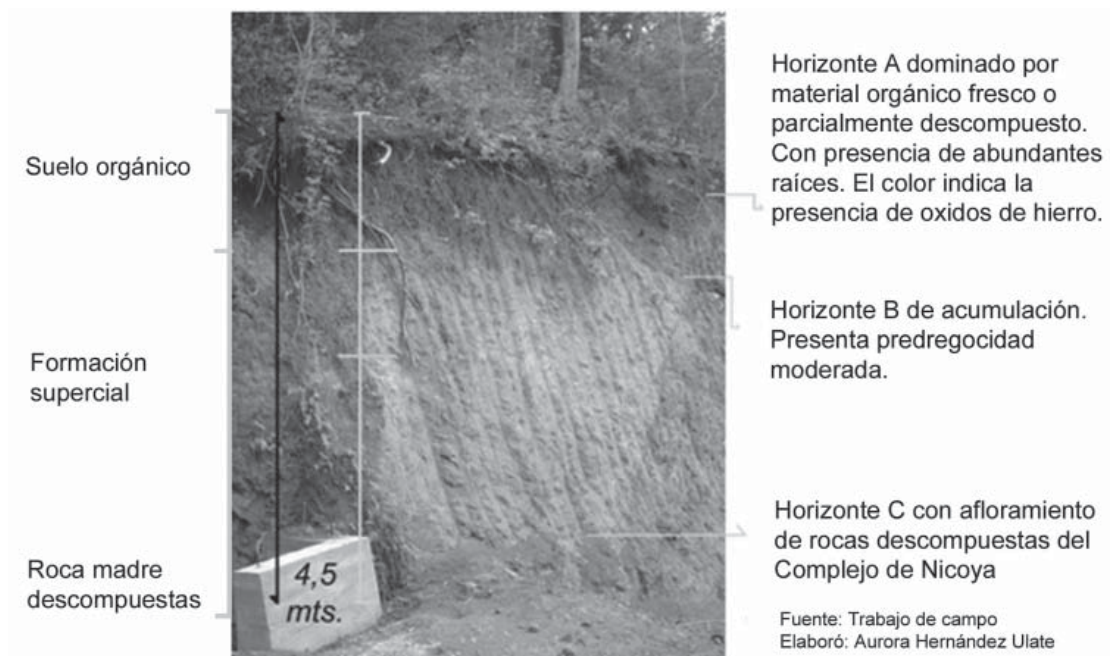
Filas Montañosas. La formación superficial que abarca las filas montañosas, como por ejemplo las filas Esperanza, Maravilla, Cola de Gallo y Cerro Negro, se caracteriza porque facilita el desarrollo de valles alargados, los cuales son controlados estructuralmente. Poseen

vertientes que se desarrollan con dirección NW - SE, apareciendo como profundas disectaciones que no superan los 7,43 km², que es la longitud máxima alcanzada en el valle del río Lajas. Esta formación se encuentra sobre una base litológica correspondiente al Complejo de Nicoya y sobre esta litología los suelos presentan una textura arcillosa arenosa en el área de la Fila Maravilla y los Cerros Progreso y una textura arcillo limosa en las filas Esperanza y Cola de Gallo.

Un aspecto importante es que los suelos de esta formación son alfisoles y la presencia de arcilla en su textura les confiere un comportamiento plástico y adhesivo, que a su vez se convierte también en una baja potencialidad de erosionarse por la cohesión que esta textura le brinda a los suelos.

Las formaciones superficiales que se encuentran en las áreas de laderas y las divisorias de agua de esta unidad y son producto de procesos de alteración ocurridos en el sitio. En ellas es

Figura 2



evidente la materia orgánica en descomposición sobre el suelo y su coloración rojiza, producto de la presencia de los óxidos de hierro.

La coloración de los suelos en esta formación superficial es fundamentalmente de café oscuro (HUE 7.5 YR 3/2) a rojo amarillento (HUE 5 YR 4/6). El color depende de la cantidad de material orgánica y el tipo de óxido de hierro presente en un suelo. Estas coloraciones permiten suponer la presencia de óxidos de hierro (Hematita), el cual es el material rojo más común en los suelos y cuya presencia es también común en suelos altamente meteorizados como los tropicales (Casanova, 2005) (figura 2).

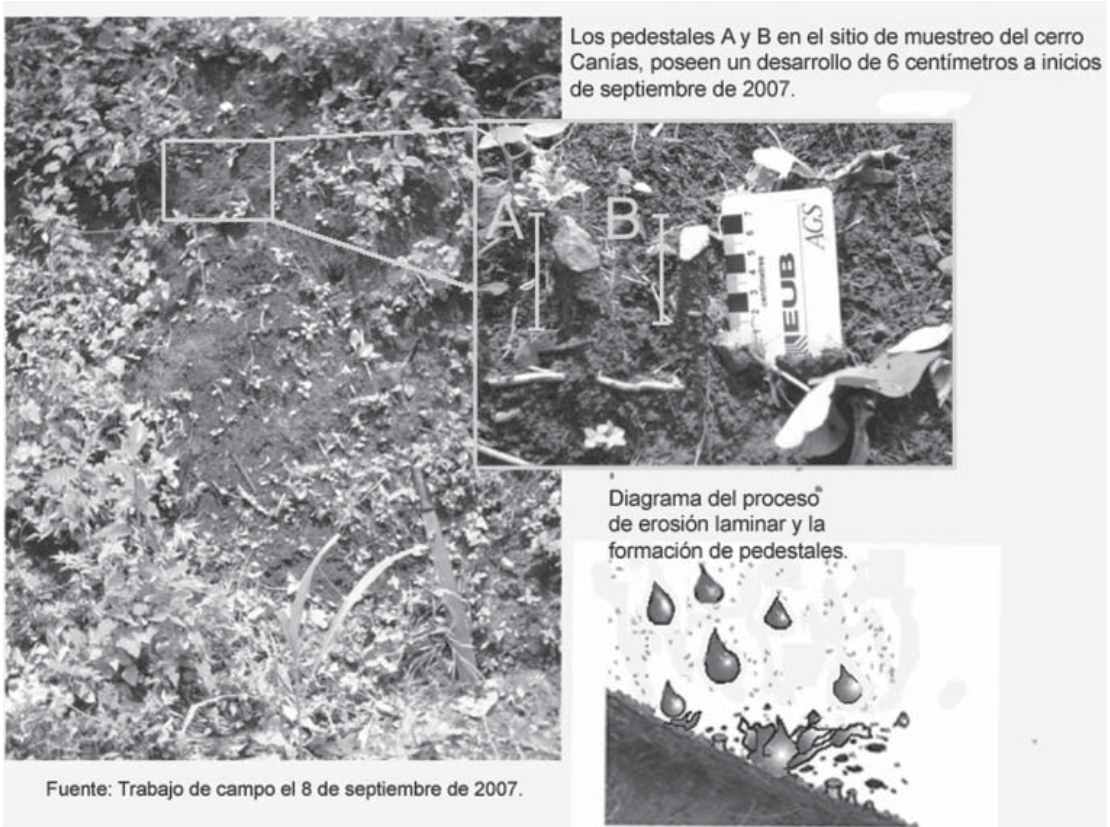
Los tonos café, como por ejemplo HUE 7.5 YR 3/2; HUE 10 YR 4/4, HUE 10 YR 4/3 HUE 7.5 YR 3/3, que se observan en esta formación se asocian a condiciones de suelos bien drenados, moderadamente sujetos a condiciones de desgaste por la acción atmosférica, con una alta presencia de materia orgánica, una alta fertilidad; mientras que las coloraciones rojiza (HUE 5 YR 4/6, HUE 5 YR 3/4, HUE 7.5 YR 6/6) se asocian también a características de suelos bien drenados, pero altamente lixiviados, intensamente afectados por el

desgaste de la acción atmosférica y con una baja fertilidad (Thwaites, 2006). Esta coloración y los resultados de las texturas indican que esta formación superficial se caracteriza por ser bien drenada, pues cuando presentan estas dos condiciones se puede inferir que hay suficiente oxígeno para mantener al hierro en su estado férrico (Fe^{+++}) y esto se manifiesta en las coloraciones rojizas (Casanova, 2005). Las coloraciones caobas aparecen en la medida en que aumenta el contenido de materia orgánica en los suelos, lo que resulta que la coloración roja se torne caoba (Millar, Turk y Foth, 1980).

Es preciso apuntar que en campo, se observa poca materia orgánica en descomposición y en la superficie del suelo es posible apreciar gran cantidad de raíces expuestas, tanto de arbustos como de plantas de menor tamaño, lo cual permite suponer la existencia de una fuerte erosión laminar. Este tipo de erosión puede estar asociada a que esta formación presenta las mayores pendientes.

La formación superficial que corresponde a las montañas posee en promedio un punto de una capacidad de campo entre los 30,7%; una

Figura 3



saturación de 46,2% y una conductividad hidráulica saturada de 0,33 pulgadas por hora, esto significa que es moderadamente rápida. Estos datos permiten afirmar que esta formación es bien drenada y que la condición de humedad se presenta solamente durante la estación húmeda, pues su límite de saturación es alto.

Además, esta condición de saturación durante el período lluvioso favorece la escorrentía superficial, la cual puede estar potenciando los procesos de erosión laminar hídrica que se evidencian en los abundantes pedestales que se forman en las laderas (figura 3).

En cuanto a los límites de Atterberg, en esta formación superficial se encontró que:

1. El 25% para su Límite líquido (LI) indica una expansividad de baja a media, lo que favorece a una cohesión de las partículas y evita que la masa del suelo fluya por la acción de la gravedad, esto explica que no se observen movimientos de desprendimientos de masas, salvo en

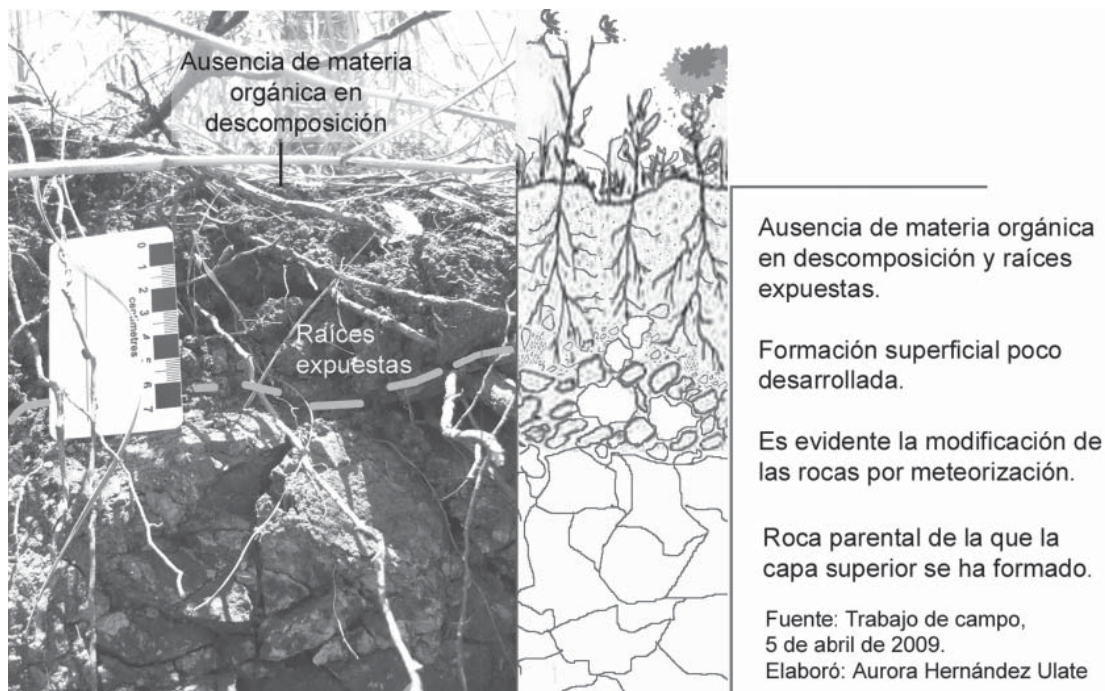
algunos de los caminos de Pilangosta hacia la Fila Maravilla,

2. El 8,2% de índice de plasticidad (Ip) implica que es de bajo a moderadamente plástico y ofrece pocas dificultades para realizarse un manejo adecuado de estos suelos. Ambos índices predicen un bajo potencial de problemas derivados de la capacidad de los suelos de cambiar de volumen.

3. El límite de contracción (Lc), del 25%, apunta a que los cambios de humedad producen relativamente pocas variaciones en el volumen del suelo. En este caso, los movimientos de masas en las laderas son probables y en campo fueron observados sobre todo en cortes del terreno inestabilizados realizados para la construcción de infraestructura o en áreas de pastoreo.

En las filas montañosas, el escaso avance de la urbanización y consecuentemente una escasa apertura de caminos o de obras de mejoras en estos han permitido mantener esta estabilidad

Figura 4



al no romper con el desarrollo natural de las pendientes. No se observan desprendimientos de gran envergadura en los caminos, solamente desprendimientos pequeños a la orilla de caminos secundarios o de acceso a fincas. Tampoco se han observado deslizamientos activos en esta zona.

El espesor de esta formación superficial varía de un metro hasta los 2,5 metros. Presenta una pendiente moderada entre 20 y 30%, la cual se encuentran poblada, en su mayoría, por taca-tales o pastos. Las áreas dedicadas a las pasturas evidencian pie de vaca, pero no movimientos en masa, ni se observan evidencias de reptación. Sin embargo, si fue posible observar en el terreno campos quemados y el despale para eliminar sombra de las áreas de pastoreo.

Colinas onduladas a muy onduladas.

Las formaciones superficiales sobre la cuenca media sobreyacen sobre el Complejo de Nicoya y sobre los materiales sedimentarios del Supergrupo Garza. Los suelos en esta sección son suelos inceptisoles y alfisoles.

En el caso de las áreas donde hay suelos inceptisoles, estos están escasamente desarrollados y presentan apenas la formación incipiente

de un horizonte b. En los perfiles observados en esta formación en los puntos donde se realizó el muestreo, no es posible reconocer horizontes diferenciados o poseen un escaso desarrollo de horizontes. En algunos puntos incluso es evidente que no existen suelos desarrollados sobre las rocas, aunque estas si presentan procesos de alteración, lo que podría indicar el incipiente desarrollo de un horizonte C (figura 4).

Es importante anotar que en estas colinas no se observaron capas de materia orgánica acumuladas en la superficie. Según Cardona (1994), la carencia de acumulaciones de materia orgánica en descomposición es esperable en suelos de lugares que tienen temperaturas altas. Asociado a esto último, se puede anotar que se observaron raíces expuestas en las superficies o en los taludes, evidenciando procesos de erosión hídrica laminar fuerte.

Los perfiles de esta formación superficial tienen una coloración que va desde el tono café muy oscuro (HUE 10 YR 2.5/3) hasta el rojo amarillento (HUE 5 YR 4/6), lo que evidencia la presencia de óxidos de hierro y una alta meteorización. Aunque en algunos casos, las

Figura 5



coloraciones son un poco cobrizas (HUE 10 YR 5/4). Esto puede deberse a una condición relacionada con la mayor cantidad de agua de lluvia que recibe esta formación en comparación con las áreas de montaña.

En cuanto a los resultados de los límites de Atterberg de esta formación superficial, presentan las siguientes características: a) un 50,1% en el límite líquido (LI) indica una expansividad de baja a media y una cohesión de las partículas que evita que la masa del suelo fluya por la gravedad; b) un índice bajo de plasticidad, del 11,4% (Ip) y un límite de contracción (Lc) de 17,3%. Estos resultados indican que esta formación realiza una infiltración moderada del agua superficial, lo cual está en concordancia con el predominio de la textura arcillo limosa y arcillo arenosa en algunos sectores.

Esta formación presenta un bajo potencial de problemas en los suelos asociados a los

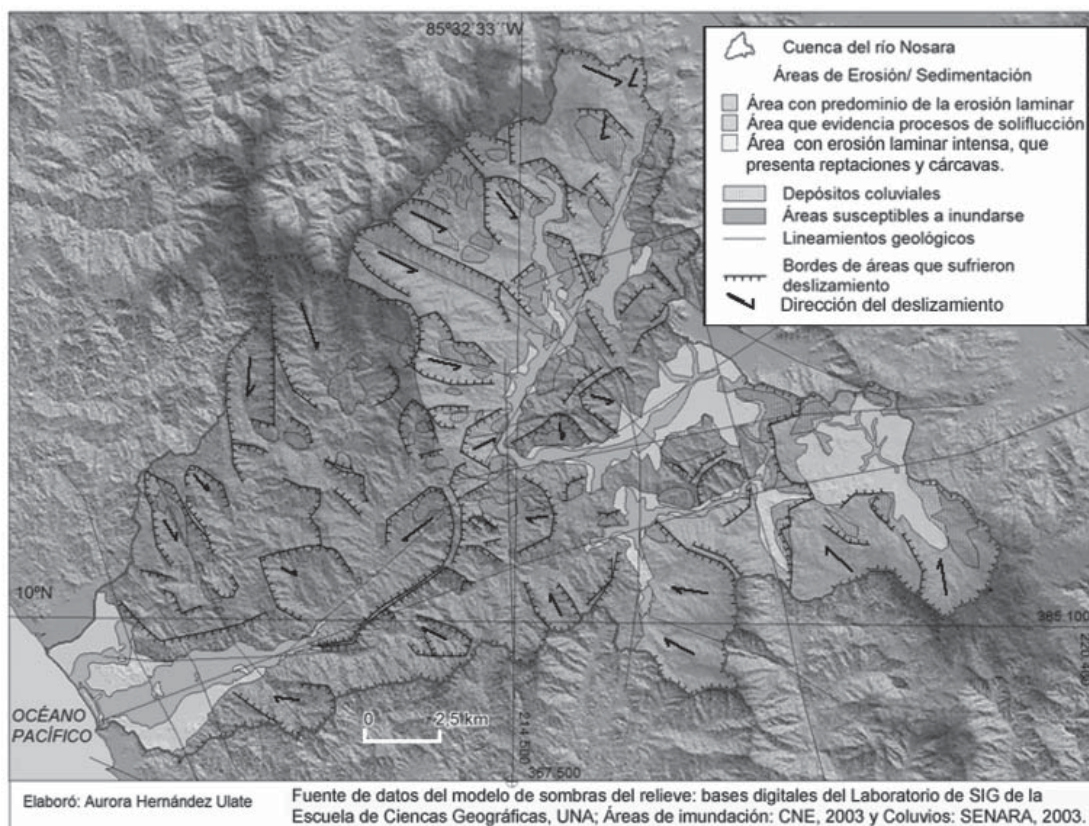
cambios de volumen, y en las áreas con pastos sí es posible observar pequeñas cárcavas al pie de los montes y reptaciones. Se puede señalar que las laderas de esta formación presentan procesos de erosión hídrica laminar intensa, acelerados por el pastoreo y los excesos de precipitación que recibe durante la época lluviosa.

En esta formación, se observaron surcos en las laderas que sobrepasan un metro de profundidad (figura 5). En estos, quedan expuestas las rocas en su sección más profunda. Es frecuente observar también las raíces expuestas en los perfiles, pero no hay una formación de pedestales tan intensa como en las montañas.

Conclusión sobre las formaciones superficiales y sus procesos morfodinámicos

La principal diferencia en los procesos morfodinámicos que presentan las áreas de deposición, las áreas de montañas y las de colinas onduladas a muy onduladas tiene relación con la

Figura 6



forma en que se manifiestan los procesos denudacionales. En la primera, predomina la sedimentación, y en las otras dos, la erosión hídrica laminar. En las montañas la erosión hídrica forma numerosos pedestales en laderas y cortes de carreteras. No fue posible identificar en esta formación otras formas de erosión en laderas como la reptación de los árboles o la presencia de cárcavas de gran tamaño. En algunos sectores en que todavía se practica el pastoreo se observó durante el trabajo de campo que se han originado procesos de pie de vaca en las laderas y se han originado pequeñas cárcavas en las laderas.

En las colinas onduladas a muy onduladas, se pueden distinguir procesos más agresivos de erosión hídrica, los cuales han marcado surcos poco profundos (de uno a dos metros de profundidad) en la mayoría de los casos en las laderas, y han dado origen a pequeñas cárcavas, no en las partes altas de las colinas sino al pie de estas,

donde los colectores concentran el agua. La formación de estas cárcavas y surcos se debe a la conjugación de varios aspectos: el uso de la tierra en pasturas, los eventos de precipitación se concentran grandes cantidades de agua rápidamente al pie de las colinas y la fuerza con que descende el agua en pendientes de 30°. Todo unido propicia un escenario donde la acción del agua es el principal agente erosivo.

Las geoformas y sus procesos indican que ambas formaciones estuvieron sujetas a un modelado tectónico, que se evidencia en las líneas de escarpes de falla, las cuales se encuentran intensamente afectadas por la meteorización. También se observan en ambas cicatrices de deslizamientos o movimientos de masas considerables, que explican las formas cóncavas de las colinas onduladas de la cuenca media y los pies de montes convexos.

El trabajo de muestreo y observación de las UG y sus formaciones superficiales en la cuenca hidrográfica del río Nosara permitió establecer los procesos morfodinámicos que presenta (figura 6), clasificando estos en:

- a) áreas de predominio de la erosión laminar moderada, que como puede observarse en la zona de estudio, son áreas con formación de pedestales;
- b) áreas de intensa erosión, donde es posible observar reptación de los árboles o formación de cárcavas en el pie de los montes ;
- c) en áreas de predominio de la sedimentación;
- d) áreas de depósitos coluviales y
- e) áreas inundables

Adicionalmente, se identificaron los bordes o cicatrices de las áreas que sufrieron deslizamientos y la potencial dirección que tuvieron los materiales desprendidos de estas.

En cuanto a los resultados de los límites de Atterberg de la formación superficial en el sector de las colinas onduladas a muy onduladas, indican que esta presenta una expansividad de baja a media, una cohesión de las partículas que evita que la masa del suelo fluya por la gravedad y realiza una infiltración moderada del agua superficial, lo cual está en concordancia con el predominio de la textura arcillo limosa y arcillo arenosa en algunos sectores.

La formación superficial de las colinas onduladas a muy onduladas sobreyace sobre materiales del Complejo de Nicoya y sobre materiales sedimentarios. Las muestras recolectadas presentaron altos porcentajes de arcillas, esto favorece la escorrentía superficial y por lo tanto, las hace muy susceptibles a erosionarse.

Los límites de Atterberg en la zona de montañas permiten apuntar que en estas la baja expansividad favorece la cohesión de las partículas, evitando que la masa del suelo fluya por la acción de la gravedad, lo cual explica que no se observen movimientos de desprendimientos de masas, salvo en algunos cortes inestables a la orilla de los caminos.

Los perfiles en la zona de colinas tienen una coloración que va desde el tono café muy

oscuro (HUE 10 YR 2.5/3) hasta el rojo amarillento (HUE 5 YR 4/6), lo que evidencia la presencia de óxidos de hierro y una alta meteorización; mientras que en las áreas que corresponden a la zona de las montañas presentan coloraciones rojizas (HUE 5 YR 4/6, HUE 5 YR 3/4, HUE 7.5 YR 6/6), asociadas a la presencia de aluminio y de óxidos de hierro en una condición de menor hidratación, que las zonas de las colinas.

Con respecto a los agentes morfodinámicos, se puede afirmar que en la actualidad es el agua, que se conjugado con el uso de la tierra y la condición o forma en que la tierra se está usando para realizar actividades productivas, la que provoca cambios relacionados con la denudación de las formas, es decir, los procesos originados por el arranque y acarreo de las partículas por varios procesos erosivos y la posterior depositación de estos en los medios sedimentarios; y la acreción, por la acumulación de depósitos fluviales y de las zonas depresionadas en la sección media y baja de la cuenca.

Referencias bibliográficas

- Bergoeing, J. P.; L. G. Brenes y E. Malavassi. (1982). Geomorfología del Pacífico Norte de Costa Rica. Escala: 1:100.000 (11 hojas más texto) editada en colores por Instituto Geográfico Nacional: San José, Costa Rica.
- Bergoeing, J y R. Battistini. (1983). Reconnaissance geomorphologique de la façade Pacifique du Costa Rica. Travaux et documents de Géographie Tropicale. CEGET, n° 49.
- Bergoeing, J. (1998). Geomorfología de Costa Rica. San José: Instituto Geográfico nacional.
- Cardona, D. (1994). Introducción a la edafología. Guatemala: Universidad Rafael Landívar.
- Casanova, E. (2005). Introducción a la ciencia del suelo. Caracas: Editorial Universidad

- Central de Venezuela y Consejo de Desarrollo Científico y Humanístico.
- Comisión Nacional de Prevención de Riesgos y Atención de Emergencias (CNE). (2003). Mapa de amenazas natural del Cantón de Nicoya. Sistema de información para emergencias. San José. <http://www.cne.go.cr/Atlas%20de%20Amenazas/Cantones/guanacaste/nicoya.pdf>. Consultado el 21 de mayo de 2010.
- Dengo, G. (1962). Estudios geológicos de la region de Guanacaste, Costa Rica. 112 págs. San José: Instituto Geográfico Nacional
- Fairbridge, R. (1968). The enciclopedia of geomorphology. Vol III of Enciclopedia of earth sciences series. New York, USA: Reinhold Book Corporation.
- Madrigal, R. (1976). Turbidez de la mar provocada por el río Nosara, Guanacaste, Costa Rica. Informe Semestral. Enero a Junio 1976. San José: Instituto Geográfico Nacional.
- Millar, C; L, Turk y H, Foth. (1980). Fundamentos de la ciencia del suelo. México D.F: Editorial Continental S.A.
- Munsell Color. (2000). Munsell Soil Color Charts. Michigan, USA: Munsell Color.
- Servicio Nacional de Aguas Subterráneas, Riego y Avenamiento (SENARA). (2003). Mapas de los acuíferos de Guanacaste: bases digitales de los mapas geológicos. Escala 1:50.000. SENARA: San José, Costa Rica.
- Thwaites, R. (2006). Color. Second Edition. Volumen I. Lal, Rattan (ed) en Enciclopedia of soil science. New York: CRC Press.