

**República Dominicana**  
**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DEL CIBAO ORIENTAL**  
Universidad Estatal



Facultad de Ingeniería y Recursos Naturales  
**Escuela de Ingeniería en Geología**

**Trabajo de Grado para optar por el título de Ingeniería en Geología**

**Título:**

**PATRÓN DE EVALUACIÓN DE PROCESOS GRAVITACIONALES EN  
SISTEMAS VIALES CASO CARRETERA PIEDRA BLANCA OCOA**

**Sustentado por**

Karen Massiel Reyes Suriel

Ana María Batista Holguín

Diana Carolina Vásquez Cruz

Los conceptos emitidos en  
este Trabajo de Grado son  
de la exclusiva  
responsabilidad de los  
sustentantes del mismo.

**Asesora**

Ing. María de los Ángeles Calzadilla

Cotuí, Provincia Sánchez Ramírez

Año Académico 2016-2017

## ÍNDICE

### AGRADECIMIENTOS

### DEDICATORIA

### RESUMEN

### CAPITULO I: INTRODUCCION

|        |                                                   |    |
|--------|---------------------------------------------------|----|
| 1.1.   | Antecedentes .....                                | 1  |
| 1.2.   | Planteamiento del problema .....                  | 6  |
| 1.3.   | Justificación.....                                | 8  |
| 1.4.   | Objetivos .....                                   | 9  |
| 1.4.1. | Objetivo general.....                             | 9  |
| 1.4.2. | Objetivos específicos .....                       | 9  |
| 1.5.   | Variables e indicadores .....                     | 10 |
| 1.6.   | Alcance y límite de la investigación .....        | 11 |
| 1.6.1. | Alcance .....                                     | 11 |
| 1.6.2. | Delimitación espacial.....                        | 11 |
| 1.6.3. | Delimitación temporal .....                       | 11 |
| 1.6.4. | Alcance investigativo.....                        | 11 |
| 1.7.   | Definición de términos .....                      | 12 |
| 1.8.   | Marco contextual.....                             | 15 |
| 1.8.1. | Situación regional del área de estudio .....      | 15 |
| 1.8.2. | Geología.....                                     | 16 |
| 1.8.3. | Geomorfología .....                               | 19 |
| 1.8.4. | Contexto geodinámico de la isla La Española ..... | 19 |
| 1.8.5. | Tectónica.....                                    | 22 |
| 1.8.6. | Procesos Gravitacionales .....                    | 28 |
| 1.8.7. | Sismicidad.....                                   | 29 |

### CAPITULO II: REVISION DE LITERATURA

|        |                                                           |    |
|--------|-----------------------------------------------------------|----|
| 2.1.   | Proceso gravitacional .....                               | 30 |
| 2.2.   | Taludes .....                                             | 31 |
| 2.3.   | Factores que influyen en la estabilidad de un talud ..... | 32 |
| 2.3.1. | Erosión .....                                             | 32 |
| 2.3.2. | Lluvia .....                                              | 32 |
| 2.3.3. | Sismo.....                                                | 32 |

|        |                                           |    |
|--------|-------------------------------------------|----|
| 2.3.4. | Aspectos geológicos.....                  | 33 |
| 2.3.5. | Cargas externas .....                     | 33 |
| 2.3.6. | Tipos de falla de taludes .....           | 33 |
| 2.3.7. | Falla por deslizamiento superficial ..... | 34 |
| 2.3.8. | Falla por rotación .....                  | 34 |
| 2.4.   | Tectónica .....                           | 35 |
| 2.5.   | Inestabilidad de laderas .....            | 36 |
| 2.5.1. | Factores condicionantes .....             | 36 |
| 2.5.2. | Factores desencadenantes .....            | 38 |

### **CAPITULO III: METODOLOGIA**

|      |                                |    |
|------|--------------------------------|----|
| 3.1. | Introducción .....             | 39 |
| 3.1. | Diseño y tipo de estudio ..... | 39 |
| 3.2. | Enfoque .....                  | 40 |
| 3.3. | Procedimientos .....           | 40 |
| 3.4. | Análisis de los datos .....    | 42 |

### **CAPITULO IV: PRESENTACIÓN DE LOS RESULTADOS**

|        |                                                                                   |    |
|--------|-----------------------------------------------------------------------------------|----|
| 4.1.   | Introducción .....                                                                | 43 |
| 4.1.1. | Tipos de movimientos en la carretera Piedra Blanca – Cruce de Ocoa .....          | 43 |
| 4.2.   | Factores ambientales involucrados.....                                            | 45 |
| 4.2.1. | Medio físico .....                                                                | 45 |
| 4.2.2. | Flora y fauna .....                                                               | 45 |
| 4.2.3. | Espesor .....                                                                     | 46 |
| 4.3.   | Litología .....                                                                   | 46 |
| 4.3.1. | Mapas geológicos de los tramos de la Carretera Piedra Blanca Ocoa .....           | 50 |
| 4.4.   | Taludes .....                                                                     | 55 |
| 4.4.1. | Mapas de pendientes en los tramos de la Carretera Piedra Blanca Ocoa .....        | 56 |
| 4.4.2. | Erosión .....                                                                     | 61 |
| 4.4.3. | Amenazas por Erosión en los tramos de la carretera Piedra Blanca cruce- Ocoa..... | 62 |
| 4.5.   | Tectónica .....                                                                   | 62 |
| 4.6.   | Inestabilidad de ladera.....                                                      | 65 |
| 4.6.1. | Relieve .....                                                                     | 65 |
| 4.6.2. | Sismicidad.....                                                                   | 68 |
| 4.6.3. | Mapa de epicentros en la Carretera Piedra Blanca – Cruce de Ocoa.....             | 70 |

|        |                           |    |
|--------|---------------------------|----|
| 4.6.4. | Uso del suelo.....        | 70 |
| 4.6.5. | Cobertura de suelo .....  | 71 |
| 4.6.6. | Actividades humanas ..... | 73 |

## **CAPITULO V: ANALISIS DE LOS RESULTADOS**

|                                 |                                |    |
|---------------------------------|--------------------------------|----|
| 5.1.                            | Introducción .....             | 74 |
| 5.2.                            | Procesos gravitacionales ..... | 74 |
| 5.3.                            | Litología .....                | 75 |
| 5.4.                            | Taludes .....                  | 75 |
| 5.5.                            | Tectónica .....                | 76 |
| 5.6.                            | Inestabilidad de ladera.....   | 77 |
| Conclusiones .....              |                                | 79 |
| Recomendaciones .....           |                                | 81 |
| Referencias bibliográficas..... |                                | 82 |
| Anexos .....                    |                                | 87 |

**Titulo:**

Patrón de Evaluación de Procesos Gravitacionales en Sistemas Viales Caso Carretera  
Piedra Blanca Ocoa

## **AGRADECIMIENTOS**

### **A Dios**

Por habernos dado la oportunidad de nacer y las fuerzas necesarias para lograr ver realizada esta meta maravillosa que nos hemos trazado, a ti Señor por siempre ser nuestro guía en cada uno de nuestros pasos, dándonos el razonamiento oportuno para o lograr nuestros objetivos.

*Gracias Señor.*

### **A UTECO**

Por abrirnos las puertas de la enseñanza para nuestros conocimientos. Gracias por haber sido un eslabón de soporte de diferentes circunstancias de nuestras vidas.

### **A los profesores**

A todos ellos por haber sido de gran ayuda y soporte en nuestra preparación académica, por estar siempre dispuestos en su oportuno momento, con esto han contribuido, ayudándonos así a ser mejores cada día más tanto en lo personal así como también de forma profesional.

*Gracias por siempre estar dispuestos*

### **A la Ing, María Calzadilla**

Por su empeño y dedicación para con nosotras, para de esa forma dar lo mejor de sí en todos momento.

*Mil gracias!!*

***Karen Massiel Reyes Suriel  
Ana María Batista Holguín  
Diana Carolina Vásquez Cruz***

## DEDICATORIA

### **A Dios**

A quien nunca me abandona en todo momento que me siento caer y me levanta con más fuerzas.

### **A mi madre**

*Carmen Suriel*, por haberme brindado todo su apoyo en todo momento, por cada día inculcarme sus consejos, valores, por los ejemplos de perseverancia y constancia que la caracterizan y que me ha infundado siempre, la motivación la cual me ha permitido ser una persona de bien, más que nada por su amor y por su incansable soporte que siempre me brinda como hija.

*Siempre serás mi todo! Te amo!*

### **A mi padre**

*José Reyes*, gracias por creer en mí siempre, brindarme el apoyo cuando te he necesitado y sobre todo amarme como hija a pesar de situaciones difíciles las cuales hemos pasado, gracias por mimarme y hacerme una de las luces de tus ojos pero sobre todo ser mi cómplice.

*Te amo Pa!*

### **A mi abuela**

*María Natividad Suriel*, a pesar que no estas físicamente a mi lado, siempre siento tu presencia apoyándome y cuidándome, agradezco grandemente tu dedicación para conmigo.

*Siempre estarás a mi lado.*

**A mis hermanos**

*Johanna, Harry, Arnaldo, Reynaldo y Toni (Fallecido)*

A todos ustedes les dedico este gran éxito porque sé que al igual que mío también es de ustedes.

*Los quiero mucho.*

**A mi otra madre**

*Mirian Saviñón*, Muchas gracias por acogerme como tu hija más pequeña que al igual que mi madre biológica aun me inculcas buenos valores y me guías por el buen camino para ser una mejor persona cada día que pasa!

*Te quiero mucho!!*

**A mis tío/as**

*Lourdes, Gicela, Juancito, Enrique, Celeste, Marisol y Quico*

Agradezco a la vida infinitamente que ustedes me hayan tocado como segundos padres!

*Mil Gracias!*

**Cristina E. Vásquez**

Por siempre tratarme como a uno de tus hijos y brindarme siempre tu apoyo incondicional para alcanzar una de las metas las cuales me he trazado y alcanzado, eres parte importante de nuestra familia.

*Te quiero Mucho!*

**A ti.**

Por ser ese alguien que siempre ha estado conmigo en todas clases de momento sin importar la circunstancia que se presente.

*Gracias por estar!!*

### **Aidé Montilla Reyes**

Mi otra hermana, la mayor, gracias por tu paciencia por la forma de compenetración y amistad incondicional que hemos tenido hasta la fecha, por levantarme las innumerables veces que digo tirar la toalla, sin embargo estas ahí de soporte.

*Gracias mana!*

### **A mis amigos**

Este logro también de ustedes.

*Gracias por creer en mí.*

### **A mis profesores**

Guillermo, Julio, Rolando, Mildred, Lisard, gracias por haber compartido sus conocimiento conmigo.

*Mil gracias!*

### **A María Calzadilla**

Infinitas gracias por su dedicación, paciencia, empeño y confianza depositada en mí para lograr esta meta.

*Gracias por Todo!*

### **A mis compañeras de Tesis**

**Ana María Batista**, por soportarnos en toda esta travesía, la verdad es que no se sabe cuando en verdad puedes contar con una persona y en esta etapa lo aprendí contigo, gracias por los buenos y malos momentos que pasamos, **Diana Carolina Vásquez Cruz**, sin duda que las verdaderas amistades nunca sabes cuándo, ni como lo encontraras, en ti, luego de tratarnos encontré eso, nunca me cansare de darle gracias

al cielo por haberte puesto en mi camino, ya en esta nueva etapa deseo de todo corazón que perdure nuestra amistad como hasta el momento.

*Lo hicimos chicas!!*

***Karen Massiel Reyes Surie***

## **DEDICATORIA**

### **A Dios**

Por las cosas maravillosas que hace en mi vida, por darme la oportunidad de realizar uno de mis sueños realidad por el que he esperado con muchas ansias, gracias Señor Jesús por ser mi guiador en el camino para llegar hasta aquí.

### **A mi madre**

*Luscrecia Delgado Holguín*, Por darme la vida, por los consejos que siempre dabas, porque me decías puedes hacerlo veras que sí, porque me apoyaste por muchos años con mi hija para que yo pudiera terminar mis estudios.

### **A Nidia Ramírez Muñoz (La Fuerte)**

Por ser esa persona especial que me apoyo en todo momento, siempre fuiste comprensiva, fuiste mi aconsejadora, siempre estuviste ahí ofreciéndome todo lo que me podías dar, gracias mi viejita hermosa te amo.

### **A mi padre**

*Fabio Antonio Batista*, Porque de una manera u otra siempre me apoyaste por tus buenos consejos que recibías en el momento indicado.

### **A mis hijos**

*Anny Esther Castillo, Josey Thomas Almonte*, Por haber permitido mi ausencia por todo este tiempo, en el que debía dedicarle como madre que soy, pero dadas las circunstancias no fue posible gracias por entenderme los años son unas de mis motivaciones para salir hacia delante.

### **A mi hermana**

*María Antonia Batista (Judith)*, Porque sacrificaste parte de tu tiempo para apoyarme estando conmigo cuando más te necesitaba gracias manita te amo.

### **A mi hermana**

*Joselyn Batista*, Porque siempre estuviste ahí para decirme que si podías hacerlo, siempre me apoyaste con tus buenos consejos gracias manita te amo.

### **A mi asesora y profesora**

*Ing. María Calzadilla Ribeaux*, Gracias su por empeño en compartir sus conocimientos

### **A mis amigos y compañeros de carrera**

Ustedes que fueron más que compañeros de clase fueron mi familia y de alguna manera tuvieron pendiente en todo el transcurso de la carrera.

### **A mi amigo**

*Daniel Burgos*, Porque en mi trabajo de tesis me diste de tu tiempo para prestarme atención y ayudarme en todo lo que estaba a tu alcance.

### **A mis hermanos**

*Ariel Batista, Willis Batista*, Porque siempre me apoyaron y desearon que cumpliera parte de mi sueño realidad.

### **A mi amiga**

*Laura Katherine (mi brujita)*, Porque siempre me demostraste ser mi amiga en cual podía confiar fuiste mi confidente y siempre me dabas tus buenos consejos.

### **A Cristián Méndez**

Porque apareciste en unos de los momentos más difíciles en mi vida y me apoyaba económicamente cuando más lo necesite gracias por todo.

### **A mis compañeras de tesis**

*Diana Carolina Vásquez Cruz y Karen Massiel Reyes Suriel*, Porque a pesar de todas las circunstancias supimos sobrellevarnos y salir a delante, en el que tuvimos momento de risa, de ira pero al final lo hicimos gracias.

***Ana María Batista Holguín***

## **DEDICATORIA**

### **A Dios**

Por ser mi guía en larga lucha para terminar mi carrera y el soporte para levantarme cada caída.

### **A mi madre**

*Jesús Marcelina Cruz*, que eres el regalo más valioso que me ha dado Dios, por darme la vida y ser mi columna emocional, moral, física y económica, por ser una madre luchadora y fuerte que lo dejo todo a un lado, por mí y mis hermanos, lo que soy, la mujer, la profesional, es solo obra tuya con la ayuda de Dios.

### **A mis abuelos**

*Antonio Cruz y Juana Rodríguez*, por brindarme su apoyo y amor ilimitado, además de ser un ejemplo a seguir, de fortalezas e innumerables valores.

### **A mis hermanas (os)**

*Dianelly, Dionni, Maridalia, Karen*. Por ser apoyo de motivación para seguir y no desistir, esas voces que estimularon mi andar y que decían continúa, que pronto llegaras.

### **A mi sobrino**

Un pequeño que ha sabido llenar mis días grises de alegría e inundarme de su inmenso amor y su sonrisa tierna.

### **A mi novio**

*Eddy Rafael Muñoz*, quien ha sido, un compañero y amigo en esta larga travesía, y me ha apoyado de manera absoluta.

### **A mis tíos (as)**

*Andrea, Alejandrina, María, Vicente, Tomás, Cándida, Yris, Vidal, Zenia* y en especial a *Teresa, Odalis, Isaac Y Camilo* por extenderme las manos de todas las formas posibles, y ser consejeros y apoyo en los momentos más difíciles de mi andar.

### **A Jaime Arismendi Acosta**

Quien siempre ha estado para mí, por querer lo mejor en mi vida y ser como un padre, que oriento, guío, amo, y me reprendió cuando me porte mal o cometí un acción inadecuada, además estar desde el principio encaminando mis pasos en todo el transcurso de la carrera.

### **A Wily Rafael Alejandro Carmona**

Por ser un gran amigo y como un padre, que estuvo en los momentos que lo necesite, y un apoyo incondicional.

### **A mi primo**

*Rudy Cruz*, por brindarme tu apoyo y ayuda en el momento que más lo necesitaba sin recibir nada a cambio. Muchas gracias.

### **A mis maestras del nivel medio**

*Julia, Sahudy* y en especial a *María*, por ser una amiga, madre y consejera y socorrerme cuando más lo necesitaba.

### **A mis maestros de la UTECO**

*Guillermo Alvarado, Rolando Muñoz, Ricardo Villafaña y Lizard Torró*, por marcar la diferencia y brindarme un poco de su conocimiento y sabiduría, y corregir mis errores y faltas, y mostrarme que soy valiosa y que tengo mucho para dar.

### **Al Ing. Marcos Pérez**

Un valioso ser humano y profesional, que me guio y me ayudo a elevar mi fe en mi misma de una manera extraordinaria en el poco tiempo de tratarnos.

### **A mi asesora**

*María Calzadilla*, por entregarse en cuerpo y alma en esta investigación, y ser un apoyo incondicional en toda la jornada.

***Diana Carolina Vásquez Cruz***

## **RESUMEN**

### **Patrón de evaluación de procesos gravitacionales en sistemas viales caso Piedra Blanca – Cruce de Ocoa**

Sustentantes:

**Karen Massiel Reyes Suriel**

**Ana María Batista Holguín**

**Diana Carolina Vásquez Cruz**

Asesora:

**Ing. María de los Ángeles Calzadilla Riveaux**

Esta investigación se realizó con el objetivo de evaluar la situación actual en la carretera Piedra Blanca – Cruce de Ocoa considerando los efectos de la geodinámica. El diseño desarrollado fue no experimental del tipo exploratorio – descriptivo, ya que se utilizaron técnicas cuantitativas y cualitativas. Como muestra se utilizó un inventario el cual conto con un levantamiento de ciento cuarenta y tres puntos los cuales presentan diferente tipo de procesos gravitacionales en el trayecto de la carretera. Las conclusiones a las que se arribaron fueron las siguientes:

- Rocas ígneas presentan un alto predominio localizándose las Tonalitas foliadas que contactan con las rocas del Complejo Duarte repitiéndose en formas de bandas en dirección NO – SE.
- Prácticamente el 30% de la trayectoria de la vía se realiza por encima del Batolito Gabros y Gabro – noritas La Yautía que tiene una amplia representación. Están meteorizados generando una abundante cantidad de arcillas, arenas y limos.
- Desde el contacto con el Batolito La Yautía se observa de manera reiterada la aparición de las Tonalitas no foliadas siguiendo el mismo sistema en dirección NO – SE.

- El flujo de agua es un factor decisivo en esta carretera considerando las condiciones climáticas de alta precipitación., ya que el agua activa el proceso de erosión - sedimentación trasladando los sedimentos hacia el pie del talud.
- La tectónica se manifiesta a través de un sistema de fallas en dirección subparalelas NO – SE marcada por el Cabalgamiento de la Yautía, A la vez se encuentra fuertemente influenciada por la Zona de Falla San José de Ocoa – Restauración.
- Hay presencia de secuencias sedimentarias representadas por areniscas, margas calizas y facies turbidíticas generadoras de relieves en slump o flujos.
- Los depósitos cuaternarios están representados por coluviones, conos aluviales, las llanuras de inundación, las terrazas bajas, medias y altas de los ríos Nizao y Ocoa.
- Se puede considerar que el área directa de la carretera se verá sometida a cambios litológicos muy contrastados debido la complejidad de las formaciones volcánicas, volcanosedimentarias y terrígeno sedimentarias a la cual estará expuesta.
- Los cambios desde el punto de vista tectono – estructural jugarán un importante papel en el diseño de las obras a construir pues en el área se observa un proceso activo y dinámico muy importante. Esto se puede evidenciar en los cambios que se están produciendo en las redes fluviales al desarrollarse las extensiones laterales de los ríos en varios tramos de su curso. Ejemplo el río Maimón.
- El Ambiente fluvial correspondiente a las cuencas de los ríos Maimón, Nizao con la Subcuenca del Banilejo y Ocoa.
- El Ambiente de la Cordillera Central, distribuidas desde la altura de Bonao (Macizo Central) hasta el flanco sur a la altura del Cruce de Ocoa.
- El drenaje muestra un predominio del estilo subparalelo por todo el territorio que atraviesa la carretera.

# **CAPITULO I**

## **INTRODUCCION**

### **1.1. Antecedentes**

Los procesos gravitacionales son eventos que se manifiestan de manera libre y espontánea en el medio físico afectando todas las infraestructuras que se encuentren involucradas en el espacio donde se desarrollan, de hecho constituyen los principales disparadores de colapsos, roturas y pérdidas económicas importantes que afectan las edificaciones, carreteras, caminos vecinales y el medio ambiente, estos actúan en función de su tipología (deslizamientos, derrumbes, caída de bloques, etc.). El objeto a evaluar en este trabajo lo constituye el tramo vial Piedra Blanca – Cruce de Ocoa cuyo marco de referencia espacial está limitado a las hojas geológicas San José de Ocoa 6071-I, Azua 6071-II, Arroyo Caño 6172-III, La Ciénaga 5970-II, y Bonao 6072-IV, donde se destacan numerosos deslizamientos, derrumbes, flujos, coluviones etc, entre ellos podemos destacar el derrumbe de Los Ranchitos, próximo al pueblo de Las Caobas y Deslizamiento El Limón que se encuentra 4 km antes de llegar a la ciudad de San José de Ocoa. Esta trayectoria es atravesada por numerosos ríos, arroyos y cañadas, entre los que podemos mencionar a los ríos Maimón, Banilejo, Ojo de Agua, Nizao, Ocoa y los arroyos Algarrobito, Arroyo Caña, arroyo Manteca, arroyo Blanco, arroyo el Abey.

Las activaciones de estos eventos han ocurrido de manera reiterada a lo largo del tiempo con un carácter cíclico anual toda la carretera, afectando el estado de la construcción de la misma, su uso y/o explotación. Este ha sido el principal móvil que ha puesto en la mira la evaluación de la misma para la reconstrucción, pues la

principal meta de este eje viario es la de conectar de manera directa la región del Cibao con la región Sur.

Esta investigación constituye un reforzamiento para evaluar los puntos que han fallado en la recién construida, **Carretera Piedra Blanca – Cruce de Ocoa**, cuya traza traspasa un relieve que varía de colinoso bajo a montañoso, atravesando a la vez numerosos ríos y cañadas, cubriendo una distancia de 87.5 km. La misma establece la comunicación directa con diversos municipios y parajes de la provincia de San José de Ocoa, con el municipio de Piedra Blanca, provincia Monseñor Nouel, y otras comunidades ubicadas en su recorrido, con el resto del país.

El Servicio Geológico Nacional (SGN) tiene como una de las tareas fundamentales crear información base sobre todos los procesos naturales que afectan al medio con un enfoque geológico, cuya finalidad es que sirva como material de insumo en la construcción de carreteras, caminos vecinales, edificaciones, etc., y en contribución este trabajo aporta nuevos enfoques y puntos de vista los cuales fueron ampliamente debatidos y consensuados con los técnicos de la institución.

Atendiendo a la naturaleza del Cambio Climático que se ha manifestado de manera evidente con la ocurrencia de eventos hidrometeorológicos intensos y que presenta una alta frecuencia, a los cuales se han añadido los eventos sísmicos no menos importantes, manifestándose hasta el momento con magnitudes medias, tenemos que los procesos gravitacionales juegan un papel determinante en la estabilidad de la vía

Estos procesos geodinámicos se han incrementado paulatinamente en la República Dominicana, por lo que surge la necesidad de evaluar los mismos y sistematizar la información que se genera mediante levantamientos y estudios, del

cual se obtuvo un Catálogo, que resume de manera práctica y precisa el estado actual de todos los movimientos en masas ocurridos y en procesos a lo largo de la vía

Dado el estado crítico de esta vía, en 2012 el MOPC propuso a través del Programa de Mejoramiento y Rehabilitación vial: efectuar un estudio geológico como apoyo al diseño y construcción de la vía. Este estudio se desarrolló en los tramos siguientes:

- Tramo I, Piedra Blanca - Juan Aldrián que comprende una distancia de 00.000 -12.500 Km.
- Tramo II, Juan Aldrián – Rancho Arriba que comprende una distancia de 12.500 – 24.500 Km.
- Tramo III, Rancho Arriba – Nizao que comprende una distancia de 24.500 – 45.000 Km.
- Tramo IV, Nizao - Sabana Larga que comprende una distancia de 45+000 - 75+800 Km.
- Tramo V, San José de Ocoa - Los Ranchitos que comprende una distancia de 45+000 - 75+800 Km.

En la misma se puede considerar que el área directa de la carretera se verá sometida a cambios litológicos muy contrastados debido a la complejidad de las formaciones volcánicas, volcanosedimentarias y terrígeno - sedimentarias a la cual está involucrada.

Los cambios desde el punto de vista tectono – estructural jugarán un importante papel en el diseño de las obras a construir, pues en el área se observa un proceso activo y dinámico muy importante. Esto se puede evidenciar en los cambios que se

están produciendo en las redes fluviales al desarrollarse las extensiones laterales de los ríos en varios tramos de su curso.

En las décadas de los años 70s y 80s tuvo lugar un notable impulso de los conocimientos geológicos de la República Dominicana, producto de ello se elaboraron una serie de tesis doctorales de carácter regional, entre las que cabe numerar las de: Bowin (1960), sobre el sector central de la República Dominicana; Mann (1983), centrada en aspectos estructurales y estratigráficos de la isla La Española y Jamaica; Dolan (1988), que aborda la sedimentación paleógena en las cuencas orientales de las Antillas Mayores; Vespucci (1986), relativa al volcanismo cenozoico de la región; y Mercier de Lepinay (1987), que desarrollan un estudio estratigráfico y estructural del conjunto de la isla a fin de establecer su interpretación geodinámica. En esta última compilación de artículos existen algunos que detallan de forma específica el territorio ocupado por la Hoja Geológica de Azua 6071-II; de lo que podemos destacar los de: Dolan (1988), con una síntesis sedimentológica, estratigráfica y tectónica del Eoceno-Mioceno de la isla La Española y Puerto Rico; Heubeck y Mann (1991), que determinan la estructura y evolución tectónica de la límite sudoriental de la Cordillera Central.

En esta última compilación de artículos existen algunos que afectan de forma específica al territorio ocupado por la Hoja Geográfica de Azua; de lo que podemos destacar los de: Dolan (1988) et al., con una síntesis sedimentológica, estratigráfica y tectónica del Eoceno-Mioceno de la isla La Española y Puerto Rico; Heubeck y Mann, que determinan la estructura y evolución tectónica de la límite sudoriental de la Cordillera Central.

La estabilidad de taludes en sistemas viales está considerada por el comportamiento de laderas o declives del terreno a los efectos de la geodinámica externa, que generan derrumbes esporádicos, deslizamientos, desprendimientos y caídas de bloques; originando un movimiento hacia abajo y hacia fuera toda la masa, donde la parte superior del área denominada zona de arranque o raíz va precedida de grietas tensionales y asentamientos, la parte central constituida por la superficie de deslizamientos, en el cual se desplaza todo tipo de materiales. Estos fenómenos se localizan en la carretera Cruce de Ocoa en la cual se han comprobado que los principales agentes erosivos, son flujos de aguas provenientes de precipitaciones fluviales considerado como modeladores del relieve, se presenta en toda su amplitud y en diversos niveles en los distintos tipos de afloramientos rocosos, sus manifestaciones destructivas se desarrolla por las obras viales, los efectos de dichos fenómenos se traduce en la paralización parcial o total del tránsito y el desembolso de grandes sumas de dinero para su rehabilitación, lo que en suma representa un freno socioeconómico en la región. (Guayas, 2005).

La superposición de las litologías y las pendientes se ha realizado mediante transparencias sobre las que se ha llevado a cabo el ajuste selectivo de los polígonos resultantes. Seguidamente se ha procedido al traslado de los datos al Mapa Geotécnico, derivado de los anteriores trabajos completado con los esquemas auxiliares y leyenda, para su digitalización y tratamiento en GIS.

## **1.2. Planteamiento del problema**

El área de estudio de la carretera Piedra Blanca - Cruce de Ocoa es el escenario donde se desarrollara la evaluación técnica que permitirá determinar el rango de inestabilidad de las laderas con la finalidad de realizar un análisis detallado de los aspectos geólogo-geotécnico de aquellos puntos problemáticos, en los cuales se ha identificado deslizamientos, derrumbes, flujos condicionados por precipitaciones, procesos fluviales (crecidas de arroyos y cañadas), que son los responsables del modelado del relieve a lo largo de la vía. Cabe señalar que los efectos de la geodinámica externa han jugado un papel importante en la degradación del relieve al actuar fallas, fracturas, diaclasas, etc., que se activan con la ocurrencia de sismos en lo cual la construcción de los sistemas viales en relieves montañosos induce el desajuste de las laderas, provocando la remoción en masa, caídas de bloques y movimiento de rotación.

La zona Sur de la Cordillera Central está dentro del cinturón de Peralta, donde las estructuras más importantes de esta zona son los pliegues en dirección NW y SE aunque también están afectado por fallas en dirección E, W junto a las fallas que están cortando dicho pliegues.

La falta de conocimiento de los procesos geológicos y gravitacionales de la carretera Piedra Blanca - Cruce de Ocoa es una dificultad ya que al momento que ocurren eventos tectónicos y hidrometeorológicos se hacen evidente por el disparo de estructuras que van a lo largo de la carretera, ocasionando daños y pérdidas económicas.

El tipo de suelo que se localiza en esta zona, se caracteriza por una alta acumulación de agua y la cantidad de material no consolidado que posee, por lo cual

se puede establecer la rapidez de los procesos debido a la estructura que poseen, ya que muestra inestabilidad debido a las condiciones de la región como lo es el grado de pendiente, sobrecarga de los suelos y los cambios geométricos en la topografía, debido a la transformación del lugar se origina la inestabilidad y da inicio al deslizamiento de material.

De acuerdo al informe elaborado por el Ministerio de Obras Públicas y Comunicaciones (MOPC), la geología de los tramos de la carretera Piedra Blanca – Cruce de Ocoa se caracteriza por tonalitas y tobas volcánicas del tipo andesita. Las áreas con tonalita se las marcan capas de suelo de espesor considerable, producto de la meteorización de la roca de origen, mientras las áreas de toba volcánica presentan capas de suelo tipo coluviones, compuesto de bloques de toba en matriz de arcilla con arena. Las áreas con topografía accidentada presentan frecuentes tramos erosionados e inestabilidad de las laderas, con señales de procesos de flujo de lodo, avalancha y rotura de taludes en cuña o circular, dada esta situación presentada por la condición geológica del área y la importancia que representa esta vía se ve la necesidad de evaluar la situación actual en la carretera Piedra Blanca - Cruce De Ocoa considerando los procesos geodinámico.

Los procesos gravitacionales que ocurren en la Carretera Piedra Blanca- Cruce de Ocoa han forzado a las autoridades locales y regionales a efectuar estudios geotécnicos y geológicos para determinar las potenciales causas de ocurrencia de los procesos de remoción en masa.

Por tanto la inexistencia de conocimiento sobre los procesos geológicos, tectónicos y geomorfológicos es esencial para pronosticar los posibles eventos que puedan afectar la vía ya que cada vez que se repite o pasa un nuevo evento se tenga

que readecuar la misma. El planteamiento anterior conduce a las siguientes interrogantes:

1. ¿Cuáles procesos gravitacionales afectan la carretera Piedra Blanca - Cruce de Ocoa?
2. ¿Cuáles litologías son disparadoras de procesos gravitacionales?
3. ¿Cómo se determina el grado de la susceptibilidad en los procesos gravitacionales?
4. ¿Cuál es la influencia de la tectónica en la carretera Piedra Blanca - Cruce de Ocoa?
5. ¿Cuáles factores desencadenan la inestabilidad de laderas en la carretera?

### **1.3. Justificación**

La Carretera Cruce de Ocoa-Piedra Blanca, es de gran importancia para la comercialización y distribución de los productos entre las regiones Norte y Sur del país, siendo esta una ruta de gran impulso socio-económico y cultural para el Cibao y el Sur.

El estudio de los deslizamientos de la carretera Piedra Blanca - Cruce de Ocoa es necesario porque no existe un inventario del mismo, la falta de tipificación de movimientos para el estudio de los procesos gravitacionales teniendo en cuenta los diferentes tipos de factores condicionantes y desencadenantes de estos procesos, tomando en consideración la sismicidad, litología, tectónica activa, climatología, procesos antrópicos, entre otros procesos que pueden afectar. Actualmente se conoce algunos deslizamientos activos que están afectando el sistema vial en la carretera de Cruce de Ocoa.

Esta investigación dará lugar al reconocimiento de los procesos gravitacionales en los diferentes sistemas viales que se vayan a desarrollar en las áreas donde afecte la geodinámica y procesos desencadenantes del mismo, lo que conlleva a la rehabilitación de esta ruta para el desarrollo del país, suministrando mejoras técnicas y estructurales a raíz de la solicitud requerida por la población, en donde puedan trasladar los productos en menor tiempo y hacerlos más favorable por el retorno de la comercialización y distribución.

#### **1.4. Objetivos**

##### **1.4.1. Objetivo general**

Evaluar la situación actual en la carretera Piedra Blanca – Cruce de Ocoa considerando los efectos de la geodinámica y las litologías sobre los taludes.

##### **1.4.2. Objetivos específicos**

- a) Identificar los procesos gravitacionales que afectan la carretera Cruce de Ocoa-Piedra Blanca.
- b) Caracterizar las litologías susceptibles a deslizamientos a lo largo de la carretera.
- c) Analizar la susceptibilidad de los taludes a procesos gravitacionales.
- d) Identificar la manera en que afecta la tectónica en la carretera Piedra Blanca – Cruce de Ocoa.
- e) Determinar los factores desencadenantes de la inestabilidad de laderas en la carretera Piedra Blanca – Cruce de Ocoa.

### 1.5. Variables e indicadores

| Variable                | Indicadores                                                                                                                                                              |
|-------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Proceso Gravitacional   | <ul style="list-style-type: none"><li>– Deslizamiento</li><li>– Derrumbe</li><li>– Caída</li><li>– Flujo</li><li>– Hundimiento</li></ul>                                 |
| Litologías              | <ul style="list-style-type: none"><li>– Tipo de roca</li><li>– Buzamiento</li><li>– Rumbo</li><li>– Espesor</li><li>– Formación geológica</li></ul>                      |
| Taludes                 | <ul style="list-style-type: none"><li>– Pendiente</li><li>– Erosión</li><li>– Angulo de Fricción</li></ul>                                                               |
| Tectónica               | <ul style="list-style-type: none"><li>– Falla</li><li>– Desplazamiento</li><li>– Diaclasas</li><li>– Estrías</li></ul>                                                   |
| Inestabilidad de Ladera | <ul style="list-style-type: none"><li>– Relieve</li><li>– Clima</li><li>– Sismicidad</li><li>– Tectonismo</li><li>– Uso de suelo</li><li>– Actividades humanas</li></ul> |

## **1.6. Alcance y límite de la investigación**

### **1.6.1. Alcance**

Campo: Geología

Área: Procesos Gravitacionales y Construcción Vial

Aspecto: Evaluación de los procesos geológicos y el Sistemas Vial en la carretera Piedra Blanca - Cruce de Ocoa.

### **1.6.2. Delimitación espacial**

Esta investigación se realizó en tres provincia Monseñor Nouel, San José de Ocoa y San Cristóbal lo cual cuenta con los municipios involucrados de Piedra Blanca, Juan Aldrián, en el caso de la Provincia San José de Ocoa su municipio cabecera es San José de Ocoa, le sigue Rancho Arriba y Sabana Larga, posee una superficie de 1845.47 km<sup>2</sup> con una población total de 300,823 habitantes y una densidad de 236.32 hab/km<sup>2</sup>. (ONE, 2010)

### **1.6.3. Delimitación temporal**

Esta investigación se realizara durante un periodo de tiempo de un año.

### **1.6.4. Alcance investigativo**

El producto de la investigación es aportar información actualizada sobre la evaluación de procesos gravitacionales en sistemas viales en la Carretera Cruce de Ocoa-Piedra Blanca.

## 1.7. Definición de términos

**Actividades Humanas:** son los cambios en el paisaje mediante la agricultura, el aprovechamiento forestal, la minería, la urbanización y otras actividades como el turismo, el procesamiento de basuras entre otros. (Pérez 2007)

**Angulo de fricción:** es un valor de convenio introducido para simplificar, y se le considera constante aunque no lo sea. El ángulo de fricción interna depende de la uniformidad de las partículas del suelo, del tamaño y forma de los granos y de la presión normal. (Crespo, 2004)

**Buzamiento:** Ángulo que forma respecto de la horizontal un plano geológico, medido éste en una dirección estrictamente perpendicular a la dirección de capa del mismo plano. Es el ángulo de inclinación máximo que presenta ese plano. Si la dirección en la que se mide el plano no es perpendicular al rumbo de la capa, obtendremos un ángulo de buzamiento 18 de 140 menor, al cual denominaremos buzamiento aparente. Sus valores van de 0 (plano horizontal) a 90° (plano vertical). (Delgado, Padilla y Barrientos, 2010).

**Caída:** movimiento uniformemente acelerado en una dirección y se refiere al movimiento de cualquier cuerpo bajo la acción exclusiva de la gravedad. (Vargas, Ramírez y Pérez, 2008)

**Clima:** es el estado en el que se encuentra la atmosfera en un lugar y momento determinada, expresados a través de los valores que toman las variables meteorológicas (temperatura, presión atmosférica, velocidad y dirección del viento, nubosidad, humedad). (Casas, 2012)

**Derrumbe:** son procesos naturales que transforman el paisaje, ya que están acompañados del desplazamiento de grandes volúmenes de rocas y suelos. (Iturralde, 2013)

**Desplazamiento:** se refiere a la distancia y la dirección de la posición final respecto a la posición inicial de un objeto. Al igual que la distancia, el desplazamiento es una medida de longitud por lo que el metro es la unidad de medida. Sin embargo, al expresar el desplazamiento se hace en términos de la magnitud con su respectiva unidad de medida y la dirección. ([www.fisicaenlinea.com](http://www.fisicaenlinea.com))

**Diaclasas:** son fisuras y grietas de corta extensión. Estas pequeñas fisuras están caracterizadas por un desplazamiento nulo o imperceptible entre los bloques que las limitan. (Iriondo, 2007)

**Erosión:** es el proceso dinámico por el cual se produce la remoción, o lo que es lo mismo el arranque del material de su lugar y la puesta del mismo al medio de transporte. (Barredo, 2005)

**Estrías:** son líneas finas encima de un plano tectónico donde ha ocurrido un movimiento o desplazamiento tectónico significativo. ([www.geovirtual2.cl](http://www.geovirtual2.cl))

**Falla:** comportamiento inelástico de un material o el momento de la ruptura del mismo. (Rodríguez, Castillo, 2006).

**Flujo:** Ocurre cuando el suelo fluye muy lentamente ladera abajo. Este proceso puede provocar desprendimiento y la pérdida total de la capa vegetal, dejando la roca expuesta a la erosión. (Iturralde, 2013)

**Formación Geológica:** Término general para designar una serie de depósitos de distinta naturaleza cuyas facies son características del medio en que se efectúan (formaciones marinas, continentales, etc.) (www.estrucplan.com, 2000)

**Hundimiento:** son los efectos sobre la firmeza de materiales, agrietamiento de cimientos y paredes, deterioro y resquebrajadura del pavimento en otros. (Bermúdez, 2007)

**Pendiente:** la pendiente en un punto del terreno se define como el ángulo existente entre el vector normal a la superficie en ese punto y la vertical. (Felicísimo s.f.)

**Relieve:** describe el conjunto de formas o irregularidades que presenta la superficie terrestre, y que son resultado de una combinación dada de estructuras litológicas y topográficas. También encierra la noción de amplitud altitudinal o altura relativa entre dos puntos. (Instituto Nacional de Ecología, 2010).

**Remoción:** se considera como remoción en masa: deslizamientos, reptación, avenida torrenciales, caída de rocas y material vegetal, desprendimientos desplomes, hundimientos y avalanchas. (Londoño, 2009)

**Roca:** es un agregado natural de uno o más minerales. Es un material formado como consecuencia de un proceso geológico como volcanes, sedimentación, transformaciones de otras rocas, etc. (Tarbuck y Lutgens, 2005)

**Rumbo:** Línea resultado de la intersección de un plano horizontal ideal y un plano geológico inclinado. Dicha línea de intersección pertenecerá, por tanto, a los dos planos y su orientación se dará por el ángulo horizontal que forma respecto del norte geográfico. Obviamente, un plano horizontal no tiene dirección de capa. (Delgado, Padilla y Barrientos, 2010).

**Sismicidad:** son los movimientos de las diferentes placas que conforman la superficie terrestre, producen la acumulación de esfuerzos en toda la litosfera. La mayor parte de la sismicidad está localizada en los principales límites de placas, aunque también se pueden producir terremotos en zonas alejadas de estos límites (sismicidad intraplaca). (Robles, 2014)

**Tectónismo:** es uno de los factores que más controla el estilo de deposición de los sistemas turbidíticos, especialmente en las fases tectónicamente activas del desarrollo de una cuenca. (Belén y Ercilla 2000)

## **1.8. Marco contextual**

### **1.8.1. Situación regional del área de estudio**

La Carretera Piedra Blanca- Cruce de Ocoa, está ubicada en la parte central de la isla, área de la Cordillera Central, entre las provincias Monseñor Nouel y Peravia, situándose el inicio de la carretera en el municipio de Piedra Blanca con una longitud de 87.5 Km. La realización de esta evaluación en este tipo de proyecto resulta de vital importancia como paso previo a la ejecución de la rehabilitación y mejoramiento de la vía, pues teniendo un conocimiento preliminar de las características geológicas y geomorfológicas del trazado, se podrán caracterizar los puntos problemáticos que serán objetos de las modificaciones y ajustes para solucionar los mismos. El área de influencia directa considerada es de 200 metros desde el eje viario hacia el entorno y el área de influencia indirecta es de 500 metros debido al carácter complejo que presenta la geología en algunas distancias de los tramos determinados. Continuando hacia el sur llegando al límite de la Planicie de Azua, en la zona que contacta con la Cordillera Central. (Ver figura No.1)

### 1.8.2. Geología

La Carretera Piedra Blanca – Cruce de Ocoa está ubicada en la región sur - central de la República Dominicana, dominada por la geología de la Cordillera Central, que contiene la mayor cantidad de rocas ígneas, volcánicas y metamórficas.

Para la descripción de la geología, la geomorfología y la tectónica el marco de referencia que sirvió de base para desarrollar el estudio se tomó en consideración la división en tramos que realizó el MOPC (Ministerio de Obras Públicas y Comunicación), y es la siguiente:

- **Tramo I, Piedra Blanca - Juan Aldrián que comprende una distancia de 00.000-12.500 Km,** caracterizado por una topografía ondulada donde se identifica las siguientes litologías:

- La existencia de rocas volcánicas de un alto predominio de las Tonalitas foliadas que contactan con las rocas del Complejo Duarte repitiéndose en formas de bandas en dirección NO – SE. Las cuales están meteorizadas y genera una abundante cantidad de arcillas, arenas y limos.

La tectónica se manifiesta a través de un sistema de fallas en dirección subparalelas NO – SE marcada por el Cabalgamiento de la Yautía.

- **Tramo II, Juan Aldrián – Rancho Arriba que comprende una distancia de 12.500 – 24.500 Km,** caracterizado por una topografía de montaña donde se identifica las siguientes litologías:

- Presencia de secuencias sedimentarias representadas por areniscas, margas calizas y facies turbidíticas, que han generado relieves en flujos, los depósitos cuaternarios representados por coluviones, conos aluviales,

llanuras de inundación, terrazas bajas, medias y altas de los ríos Nizao y Ocoa.

La tectónica se observa por la presencia de las fallas que están organizadas en dirección predominante NW – SE, ubicadas en el Cabalgamiento Frontal de Tireo. En este tramo se produce un cambio de dirección de las fallas E – O que giran en dirección N – S.

– **Tramo III Rancho Arriba – Nizao que comprende una distancia de 24.500– 45.000 Km,** caracterizado por una topografía ondulada donde se identifica las siguientes litologías:

- Se localiza el contacto entre el Cinturón Peralta y la Cuenca Flysch de Ocoa con un predominio de formaciones sedimentarias donde se destaca el Grupo Río Ocoa representado por la Fm Ocoa indiferenciada y la Fm Ocoa en sus diferentes facies organizada con alternancia de margas y fangos, desorganizada con bloques y olistrostromas, y una tercera facie esquistosa entre las más importantes. Los depósitos cuaternarios están representados por coluviones, llanura de inundación, terrazas bajas, medias y altas del río Ocoa. La tectónica se observa fuertemente influenciada por la Zona de Falla San José de Ocoa – Restauración.

– **Tramo IV Nizao - Sabana Larga – San José de Ocoa – Los Ranchitos que comprende una distancia de 45+000 - 75+800 Km,** caracterizado por una topografía de montaña donde se identifica las siguientes litologías:

- Se localiza el contacto de la Fm. Arroyo Jigüey con la Fm Tireo y la Fm Río Ocoa con la Fm El Numero, presencia de rocas volcánicas, indiferenciadas,

con metamorfismo de contacto, coluviones, rocas piroclásticas, básicas-intermedias, con metamorfismo de contacto (Fm. Tireo), abanicos aluviales, tonalita, cretácico inferior, terrazas baja, media, alta, conos de deyección cuaternario, Aluviones, margas y fangos, generalmente arenosos, con intercalaciones de areniscas turbidíticas, cantos polimícticos dispersos, bloques y olistolitos de origen diverso, frecuente aspecto caótico. Eoceno superior; Facies organizada; alternancia de margas y fangos, areniscas turbidíticas, frecuentes tramos canalizados de conglomerados, facies desorganizada con bloques y olistolitos” Margas y fangos muy arenosos, de tonos oscuros y aspecto caótico que incluyen niveles discontinuos de areniscas turbidíticas, y facies esquistas de la misma Fm Ocoa; Formación El Número, alternancia de margas marrones rocas turbidíticas esencialmente calcáreas, perteneciente al Eoceno Superior.

La tectónica se observa por la presencia de las fallas que están organizadas en dirección predominante NW – SE, ubicadas en el metamorfismo de contacto de la Fm Tireo y la Fm Rio Ocoa con la Fm El Numero.

- **Tramo V, Los Ranchitos – Cruce de Ocoa que comprende una distancia de 45+000 - 75+800 Km**, caracterizado por una topografía ondulada donde se identifica las siguientes litologías:
  - Se localiza el contacto entre la formación Fm. Fort Resolue y la Fm Rio Ocoa con margas con intercalaciones de calcarenitas, presencia local de capas de conglomerados, alternancia de areniscas, limolita y marga con olistolitos, terraza alta, canto, gravas, arena y limos, marga con

intercalaciones de calcarenitas, correspondiente a Eoceno Medio, existencia de coluviones de coluviones, correspondiente al cuaternario en el Holoceno.

La tectónica se observa por la presencia de las fallas que están organizadas en dirección predominante NW – SE, ubicadas en el Cabalgamiento de la Fm. Rio Ocoa.

### **1.8.3. Geomorfología**

El relieve de esta área está condicionado por valles cerrados en forma de vertientes inclinadas y características geomorfológicas típicas afectadas por un intenso tectonismo, con valles suspendidos, niveles de llanuras y terrazas aluviales escalonadas, además de divisorias de agua. El cauce de la red de drenaje con declive pronunciado y el área relativamente reducida de los canales condicionan la hidrografía, marcada por repentinas crecidas, provocadas por lluvias intensas, las cuales se disparan rápidamente. (SYSMIN II, 2007)

### **1.8.4. Contexto geodinámico de la isla La Española**

La isla de La Española forma parte del denominado Gran Arco del Caribe, una cadena de arcos de isla que desde Cuba hasta el norte de Colombia y Venezuela, circunda marginalmente la Placa del Caribe (Mann et al., 1991 b) (figura 1). El sector septentrional de este arco, correspondiente a las Antillas Mayores, ha permanecido inactivo desde su colisión con la plataforma de las Bahamas. Esta colisión, muy posiblemente oblicua, fue diacrónica, ya que comenzó en el Eoceno medio en Cuba (Pardo et al., 1975) y terminó en el Oligoceno inferior en Puerto Rico (Dolan et al. (1991).

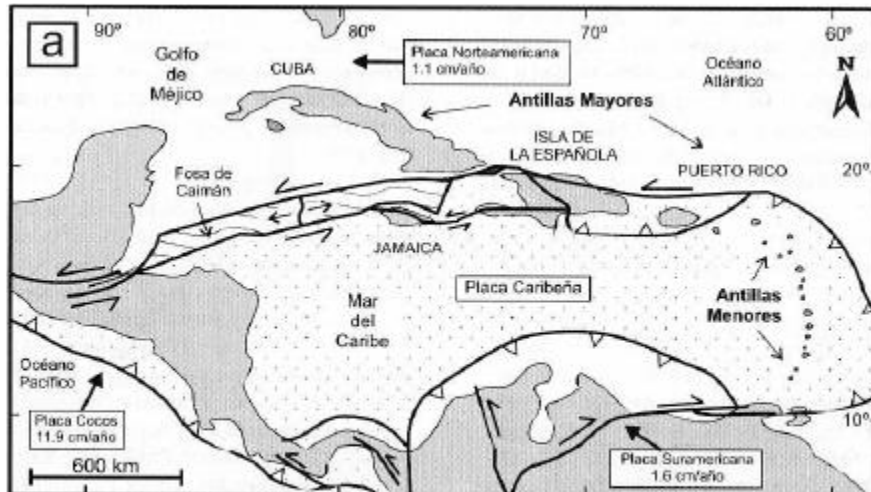


Figura No.1 Posición de la Placa Caribe. La isla de La Española está situada sobre la zona activa de desgarre sinistral que separa las Placas Norteamericana y Caribeña (Lewis J.F. et al, 2002)

Existe un común acuerdo en que todos los segmentos del Gran Arco de Islas del Caribe son litológicamente similares y que todos ellos se empezaron a formar en el Pacífico, a partir del (Jurásico superior)-Cretácico inferior (Mann et al., 1991b), como un arco volcánico más o menos continuo, el cual migró hacia el Este durante el Cretácico superior y parte del Terciario, hasta alcanzar su posición actual en la región del Caribe (Pindel y Barret, 1991, Pindel, 1994). Siguiendo esta interpretación, Mann et al. (1991 b) sugieren que las principales provincias morfo estructurales del interior de la isla consisten en elevaciones estructurales y valles intermedios cuyos límites más recientes están formados o reactivados por fallas de dirección NO-SE.

Desde el punto de vista regional el área del proyecto se ubica entre los Terrenos Tectónicos Trois Rivières Peralta y Tireo (figura 2), afectados por las zonas de fallas correspondientes a la Falla San José de Ocoa – Restauración y la Falla Bonao que se describen a continuación:

**Falla de Bonao (BFZ):** Es una falla de trazo curvo cóncavo hacia el este, que va desde la cordillera central hasta el valle del Cibao, en las inmediaciones de Bonao. Se considera una falla inversa por la disposición de las unidades geológicas a ambos lados de la misma (Complejo Duarte y Formación Tireo). Informes de estudios para complejos hidroeléctricos la señalan como falla inactiva. Sin embargo, la actividad sísmica de la zona es considerable.

**Falla San José de Ocoa – Restauración (SJRFZ):** Corre en sentido WNW-ESE por la parte central y flanco sur de la cordillera central. Se considera una falla transcurrente sinistral y con buzamiento hacia el norte. Su traza no es continua a todo lo largo, pero puede ser inferida a partir de la geomorfología. La sección correspondiente a las cercanías de San José de Ocoa se considera como falla inversa y posiblemente activa.

Es una de las estructuras más importantes en la región. Esta falla fue definida por Dolan et al. (1991) como una zona de falla subvertical de dirección NO-SE, de unos 150 km de largo, que pasa por las poblaciones de San José de Ocoa y Restauración y separa las rocas de la Cordillera Central de las rocas del Grupo Río Ocoa. Heubeck y Mann (1991) describen esta falla como una zona con deformaciones frágiles que en ocasiones puede tener una anchura de 4 kms, deformando tanto las rocas del Grupo Tireo como, las rocas de la Fm Ocoa.

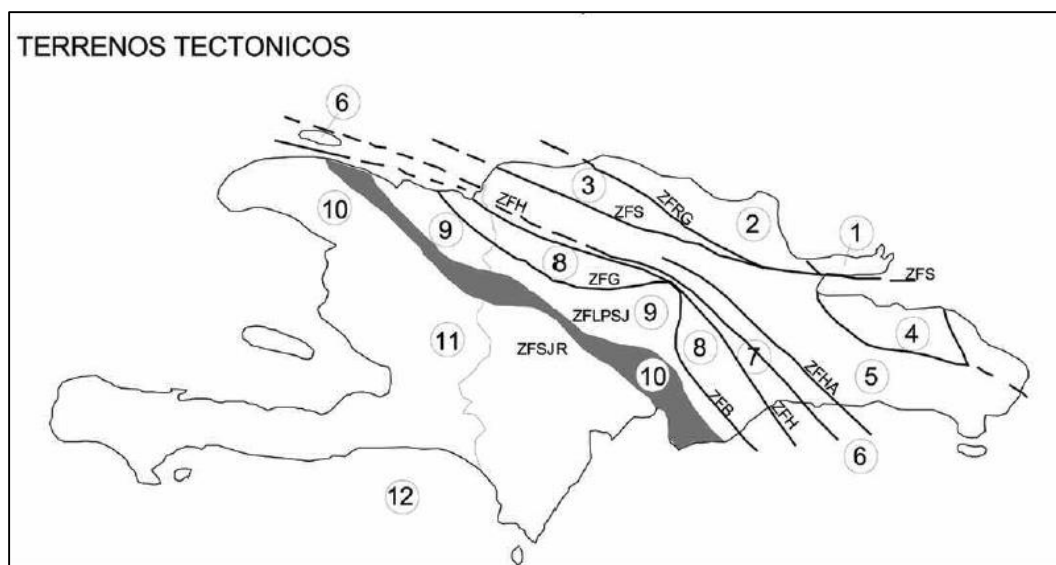


Figura 2. Ubicación del área del proyecto en el Mapa de los Terrenos Tectónicos Trois Rivières Peralta y Tireo

#### 1.8.5. Tectónica

El área de estudio se encuentra severamente afectada por el efecto de las estructuras de carácter tectónico. A modo preliminar, se hace una exposición del complejo contexto geodinámico de la isla de La Española como marco de referencia dentro de la placa del Caribe y posteriormente se contempla el marco geológico-estructural del área del proyecto, donde la Cordillera Central es una elevación estructural, que suministra la mayoría de los sedimentos terrígenos a las cuencas de sedimentación que se han desarrollado en sus límites sur y norte. El Cinturón Peralta forma una estructura de pliegues y cabalgamientos que vergen hacia el Suroeste, dirección en la que llega a cabalgar sobre los depósitos neógenos de la cuenca de Azua. Dicha área está situada en la vertiente meridional de la Cordillera Central y en ella están representados dos de los principales dominios que forman esta cadena. En el sector NE aflora la Fm. Tireo, dominio geológico que está relacionado con la actividad de un arco insular durante el Cretácico superior. Constituye el basamento de

la zona, encontrándose deformado mediante imbricaciones internas y afectadas por intrusiones de carácter tonalítico. (Ver figura No. 3)

A continuación se muestra la Tabla 1 con un análisis y descripción del comportamiento de los lineamientos tectónicos para cada terreno:

| <b>Terreno</b>                             | <b>Número de datos</b> | <b>Rumbo principal</b>   |
|--------------------------------------------|------------------------|--------------------------|
| Tireo                                      | 2135                   | N90 <sup>0</sup> - 100°  |
| Trois Rivières – Peralta                   | 2441                   | N90 <sup>0</sup> - 100°  |
| <b>Lineamientos con longitud &gt; 2 km</b> |                        |                          |
| Tireo                                      | 491                    | N80°- 90°<br>N0°- 10°    |
| Trois Rivières – Peralta                   | 444                    | N160°- 170°              |
| <b>Lineamientos con longitud &gt; 4 km</b> |                        |                          |
| Tireo                                      | 79                     | N170 <sup>0</sup> - 180° |
| Trois Rivières – Peralta                   | 65                     | N80 <sup>0</sup> - 90°   |

**Fuente:** Programa de Mejoramiento y Rehabilitación vial (2012)

### **Terreno Tireo**

El diagrama purificado de los lineamientos más cortos de 2 km muestra como en la rosa de la frecuencia son bien evidentes 4 rumbos principales (que no se podían observar en el diagrama de todos los datos): en orden de importancia decreciente: E-W, N-S, NW-SE e NE-SW. En la rosa de la longitud del mismo diagrama los rumbos N-S y NW-SE son claramente los más importantes, subrayando su persistencia más importante. En el diagrama de los lineamientos mayores de 4 km pueden hacerse observaciones en su mayoría parecidas. En este caso, como ya se ha dicho acerca de la zona Seibo, el diagrama enfatiza la importancia de la familia N-S.

El terreno Tireo constituye una faja de 290 km. de longitud y 35 km. de anchura (siendo ésta menor en la porción occidental) de rocas volcanoclásticas y lavas del

Cretácico superior., afloradas en el Massif du Nord (Haití) y en la Cordillera Central (República Dominicana). El terreno forma un área triangular definida, al norte, por la zona de falla Bonao-Guaraca y, al sur, por la zona de falla San José-Restauración. Lewis et al subdividieron el terreno Tireo en dos grupos: el grupo Tireo inferior y el superior.

El primero aflora en el Massif du Nord y en la Cordillera Central, y está constituido por aproximadamente 4000 m de piroclastitas verdes, masivas, litovítricas, de composición basáltica y flujos de metabasitas con elevados contenidos en  $\text{TiO}_2$ . Se encuentran intercalaciones de pelitas, silicitas, y calizas.

El grupo Tireo superior está constituido por lavas, flujos piroclásticos, tufodacitas y riolitas (keratófiros). Las rocas volcánicas félsicas se encuentran a lo largo del margen meridional del terreno Tireo. Las rocas del grupo Tireo superior, en la porción centro-meridional del terreno en la República Dominicana, se transforman en rocas sedimentarias marinas del grupo Trois-Rivières-Peralta. Además existen muchas intrusiones de stocks y batolitos de granitoides que afectaron, los grupos Tireo superior e inferior.

### **Terreno Trois Rivières – Peralta**

En el diagrama de los datos mayores de 2 km comparecen tres familias: NNW-SSE ( $\text{N}160^\circ\text{-}170^\circ$ ), que es la principal, WSW-ENE ( $\text{N}80^\circ\text{-}90^\circ$ ) y NW-SE ( $\text{N}120^\circ\text{-}130^\circ$ ). En el diagrama a rosas de los datos mayores de 4 km hay las mismas familias, pero prevalece la WSW-ESE.

Los lineamientos E-W en la porción norte de la Bahía de Ocoa coinciden con la terminación oriental de la EPGFZ. Los lineamientos N-S coinciden con la faja de fallas que delimita occidentalmente el prisma de acreción Los Muertos y que asume componentes de movimientos derechos. Las estructuras NE-SW representan unos sistemas de fallas distensivas (Beata Fault Zone), que continúan en el mar en el Beata Ridge. Este sistema muestra componentes de movimiento de tipo transtensivo derecho.

Los lineamientos NW-SE corresponden tanto a sobrecorrimientos como a estructuras de pliegues.

Los fragmentos de cuenca de arco interior están representados por el terreno Trois-Rivières, que está constituido por areniscas y turbiditas silíceas, con intercalaciones de calizas, separados discordantemente por fallas. La edad de los depósitos es Coniaciano -Pleistoceno; afloran a lo largo de 320 km. desde el norte de Haití hasta la parte centro-meridional de la República Dominicana. El terreno está separado, hacia el SE, del terreno Presqu'île du Nord-Ouest por la zona de Falla San Juan-Los Pozos y, hacia el NO, por el terreno Tireo y por la zona de Falla San José-Restauración.

El área de estudio ocupa las estribaciones surorientales de la Cordillera Central, principalmente sobre su flanco septentrional hasta los límites con la Cuenca de Azua. Las principales estructuras de la zona de estudio que se recogen en dirección NE a SW son las siguientes:

- El cabalgamiento de la Yautía afecta a los Gabros y Gabro-noritas de La Yautía en su margen oriental a los que superpone, mediante un plano no visible a escala de afloramiento y con buzamiento al E, sobre el pequeño stock

contiguo de tonalitas no foliadas. Presenta una vergencia SW y presumible edad eocena y da lugar al desarrollo, en su bloque de techo, una zona de cizalla dúctil de más de 200m de espesor. Tiene una dirección N-S a NNW-SSE y produce una deformación de carácter dúctil o dúctil-frágil. La zona de cizalla de La Yautía presenta una gradación de estructuras, de más frágiles a más dúctiles. Los contactos están siempre fallados, la presencia de unos diques a modo de canales de alimentación atravesando el complejo Duarte (figura 3).

- El cabalgamiento frontal de la Fm. Tiro e imbricaciones internas asociadas, produce la superposición de la Fm. Tiro y, por extensión del basamento de formaciones de arco insular, sobre el cinturón de Peralta. La Fm. Tiro se pone en contacto con el cinturón de Peralta mediante un cabalgamiento frontal cuyo plano es ligeramente más tendido (30-45°). Esta estructura tiene una notable continuidad en toda el área del proyecto, aunque está localmente interrumpida y desplazada por las numerosas fallas de dirección WSW/ENE a WNW/ESE (figura 4).
- El cinturón de Peralta, también descrito en la literatura como el terreno (estratigráfico) de Trois-Rivières-Peralta, consiste en una potente secuencia de rocas sedimentarias (localmente metasedimentarias en Haití) del Cretácico superior- Pleistoceno que con una dirección general NW-SE discurre a lo largo del flanco meridional de la Cordillera Central-Massif du Nord de La Española. La estructura interna del cinturón de Peralta y, más concretamente, del Grupo Peralta, está definida por un sistema de cabalgamientos y pliegues genéticamente relacionados (figura 5).

Se distinguen dos tipos de estructuras dentro del cinturón de Peralta. Unas corresponden a fallas inversas y cabalgamientos que sólo parecen afectar a la

parte inferior del Grupo Peralta, es decir, la Fm. Ventura y la Fm. Jura. El otro tipo de estructuras descrito por Dolan et al. (1991), son fallas inversas y cabalgamientos de tipo frágil y un plegamiento asociado.

- La cuenca de Azua la cual consiste en una serie cubetas sinclinales de dirección NW-SE a WNW-ESE. Se sitúa en el ante país del cinturón de Peralta y tanto su relleno como su estructura interna han sido controladas por la evolución estructural de éste. Los domos o estructuras anticlinales anteriormente mencionados, no son sino una respuesta del sustrato de la cuenca al avance de la deformación hacia el ante país a medida que progresaba la convergencia.

Las fallas de dirección NW-SE son más abundantes en el sector NW de la zona de estudio, donde coexisten y son desplazadas por las de dirección E-W, en este caso minoritarias. En esta zona, las fallas de dirección NW-SE forman la mayoría de los límites entre los principales terrenos o unidades cartográficas y de hecho se interpretan como contactos previos, estratigráficos, intrusivos o tectónicos. Mientras que los cabalgamientos que tienen una dirección general E-W pasan a ser N-S a NNW-SSE hacia San José de Ocoa, mediante un brusco giro (figura 6) que se refleja en la carretera generando numerosas fallas.

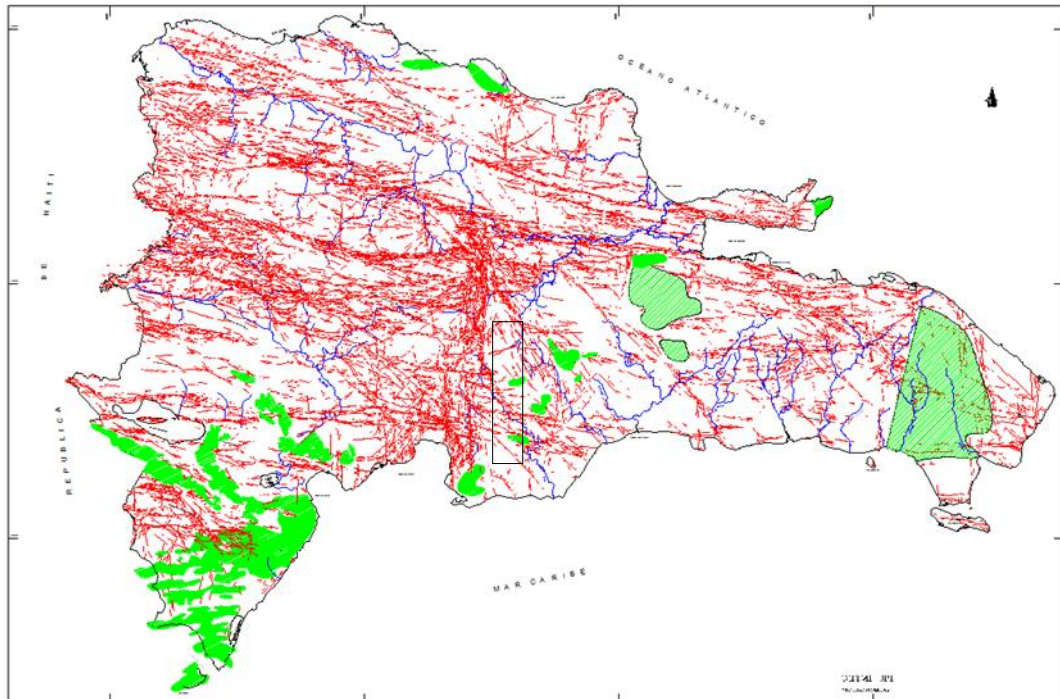


Figura 6. Ubicación de la carretera sobre el mapa de los Lineamientos Tectónicos, donde se observa el giro que se produce en los lineamientos en dirección N – S

#### 1.8.6. Procesos Gravitacionales

Muestran un notable desarrollo en la Cordillera Central a favor de los afloramientos margosos de las Fms. El Número y Ocoa, por lo que se trata de masas desorganizadas de naturaleza lutítica que incluyen bloques de calizas y conglomerados que pueden sobrepasar 10 m de diámetro. No se ha observado corte alguno que permita determinar su espesor, muy variable en cualquier caso en función de la envergadura de la masa deslizada. La constante evolución de las vertientes hace que sean depósitos efímeros, habiéndose reconocido escasos ejemplares pese a las elevadas pendientes de buena parte de la zona. Se trata de una asociación de cantos heterométricos en matriz lutítica, en la que la naturaleza de sus componentes es función de la del área madre correspondiente. (SYSMIN II, 2007)

Su espesor, muy variable, se estima en 5-10 m. Al igual que en el caso de los deslizamientos, el propio hecho de su identificación en una zona de rápida evolución del relieve, sugiere su pertenencia al Holoceno.

#### **1.8.7. Sismicidad**

La actividad sísmica de la Hispaniola está marcada por una concentración de eventos a lo largo de las franjas norte y sur de la isla se relaciona con las zonas de subducción de la Falla Norte de la Hispaniola y de la Trinchera de Los Muertos. En el norte, además del límite de subducción, hay correlación de eventos sísmicos con la zona de Falla Septentrional. En la parte sur podemos notar una “carencia” de eventos dentro del territorio de la isla, que puede ser explicado por la falta de registros adecuados en la región, y por un período de recurrencia alto en las estructuras sismogénicas allí presentes.

Algunas teorías la explican con la presencia de un colgajo de subducción que penetra desde el noreste, en la zona del canal de la Mona y se acerca en profundidad a la lengüeta de subducción de Los Muertos. Ello explicaría la presencia de epicentros superficiales, medios y profundos en esta región. El origen puede ser un movimiento de rotación de la parte sur de la isla que, junto con Puerto Rico, giran en sentido contrario al reloj hacia el norte, quedando la parte norte de la isla como pivote al estar “trancada” con el banco de las Bahamas.

## **CAPITULO II**

### **REVISION DE LITERATURA**

#### **2.1. Proceso gravitacional**

En el planeta Tierra se desarrollan procesos geodinámicas que afectan a la superficie de la misma ocasionando movimientos del terreno con diferente magnitud e intensidad, siendo un factor de riesgo al afectar de forma directa o indirecta al ser humano y sus actividades.

Los procesos por los cuales se pueden producir deslizamientos y caídas gravitacionales son variados como la erosión, disolución, movimientos sísmicos, erupciones volcánicas y precipitaciones intensas, estos movimientos del terreno son el reflejo del carácter dinámico del medio geológico y de la evolución natural del relieve, otro factor es desencadenado por el hombre al interferir con la naturaleza y modificar las condiciones con sobrecargas y cambios geométricos del terreno (Tarbucks y Lutgens, 2005).

En la actualidad se tiene diversidad de definiciones sobre los procesos de remoción en masa, como Sánchez, 2007, define a los movimientos en masa, como la transferencia de materiales de vertientes desplazándose hacia abajo como un cuerpo coherente variando la capa de desplazamiento de pocos centímetros a metros. Autores como Tarbuck y Lutgens, 2005, define a estos procesos como el movimiento pendiente abajo de roca, regolito y suelo, bajo la influencia directa de la gravedad.

Thornbury (1969), indica que Sharpe (1938), reconoció cuatro clases de procesos gravitacionales, clasificándolos de la siguiente manera:

- **Flujo lento:** Determinados por el movimiento cuesta abajo del suelo y de detritos rocosos.
- **Flujo rápido:** Caracterizado por las corrientes terrosas, corriente de barro y derrumbamiento de detritos.
- **Deslizamientos:** Desmoronamientos, deslizamientos de detritos, caída de detritos, deslizamiento de rocas y talud de rocas, se menciona que por lo general son movimientos perceptibles e involucran masa relativa seca de detritos rocosos, o masas individuales de rocas o bloques.
- **Hundimientos:** Se manifiestan por medio de desplazamientos hacia abajo del material terroso superficial, sin una superficie libre y sin desplazamiento horizontal o por el hundimiento progresivo del fondo de una cuenca de acumulación siendo este paralelo el procesos de depositación de sedimentos.

## 2.2. Taludes

(Matteis, 2003). Se entiende por talud a cualquier superficie inclinada respecto de la horizontal que hayan de adoptar permanentemente las estructuras de tierra. No hay duda que el talud constituye una estructura compleja de analizar debido a que en su estudio coinciden los problemas de mecánica de suelos y de mecánica de rocas, sin olvidar el papel básico que la geología aplicada desempeña en la formulación de cualquier criterio aceptable. Cuando el talud se produce en forma natural, sin intervención humana, se denomina ladera natural o simplemente ladera. Cuando los taludes son hechos por el hombre se denominan cortes o taludes artificiales, según sea la génesis de su formación; en el corte, se realiza una excavación en una formación

térrea natural (desmontes), en tanto que los taludes artificiales son los lados inclinados de los terraplenes.

### **2.3. Factores que influyen en la estabilidad de un talud**

Según Cuanalo (2002), los factores principales que afectan la estabilidad de un talud, natural o diseñado son:

#### **2.3.1. Erosión**

El agua y el viento continuamente afectan a los taludes erosionándolos. La erosión modifica la geometría del talud y por tanto los esfuerzos a los que está sometido, resultando un talud diferente al inicialmente analizado o en una modificación de las condiciones que tenía.

#### **2.3.2. Lluvia**

Durante el periodo de lluvias, los taludes se ven afectados al saturarse los suelos que los forman, provocando un aumento de peso de la masa, una disminución en la resistencia al esfuerzo cortante y la erosión de la superficie expuesta. Al introducirse agua en las grietas que presente el talud se origina un incremento en las fuerzas actuantes o aparición de fuerzas de filtración, pudiendo provocar la falla del mismo.

#### **2.3.3. Sismo**

Los sismos suman fuerzas dinámicas a las fuerzas estáticas actuantes a las que está sometido un talud, provocando esfuerzos cortantes dinámicos que reducen la resistencia al esfuerzo cortante, debilitando al suelo. Un aumento en la presión de

poro en taludes formados por materiales granulares puede provocar el fenómeno conocido como licuación.

#### **2.3.4. Aspectos geológicos**

Algunas fallas de taludes son provocadas por aspectos geológicos no detectados durante el levantamiento y exploración de campo, los cuales al no ser considerados durante la evaluación de la estabilidad del talud, aumentan la incertidumbre del factor de seguridad calculado. (Kergelen, 2009).

#### **2.3.5. Cargas externas**

La aplicación de cargas sobre la corona del talud provoca un aumento en las fuerzas actuantes en la masa de suelo, lo cual puede llevar a la falla del talud si estas cargas no son controladas o tomadas en cuenta durante la evaluación de la estabilidad del talud.

#### **2.3.6. Tipos de falla de taludes**

Castañón, P. (2011), Toda masa de suelo que constituya un talud natural, terraplén o corte, presenta una tendencia a desplazarse hacia la parte baja y al frente por efecto de su propio peso. Cuando la resistencia al esfuerzo cortante del suelo contrarresta esa tendencia, el talud es estable; en caso contrario, se produce un deslizamiento. La clasificación de deslizamientos se basa en la forma que se produce el movimiento de la masa de suelo, como se trata a continuación.

### **2.3.7. Falla por deslizamiento superficial**

Rico (2006), define esta falla como “un proceso más o menos continuo y por lo general lento de deslizamiento ladera abajo que se presenta en la zona superficial de algunas laderas naturales”. Además del término deslizamiento superficial, se utiliza la palabra inglesa “creep” para definir este tipo de falla. Este tipo de falla suele afectar grandes áreas de terreno. El movimiento superficial se produce sin una transición brusca entre la parte superficial móvil y la masa inmóvil más profunda.

Terzaghi (1946), distingue dos clases de deslizamiento superficial: 1) el estacional, que afecta sólo a la corteza superficial del talud cuyos suelos sufren la influencia de los cambios climáticos en forma de expansiones y contracciones humedecimiento y secado; 2) el masivo, que afecta a capas de suelo más profundas, no afectadas por el clima, por lo que sólo se puede atribuir al efecto de factores internos que actúan en los suelos. Otro tipo de falla por deslizamiento superficial se presenta en la costra de suelo sobre un estrato que por condiciones geológicas es favorable al deslizamiento en una superficie de falla predefinida.

### **2.3.8. Falla por rotación**

Montoya (2009), El deslizamiento ocurre abarcando una masa considerable de suelo que afecta a profundidad la geometría del talud. Este tipo de falla presenta una superficie cilíndrica o concoidal, sobre la cual se produce el movimiento, generalmente de forma súbita. La falla por rotación se clasifica con respecto a la profundidad en que se presenta la superficie de falla y el punto donde esta superficie corta a los planos que forman la geometría externa del talud.

## 2.4. Tectónica

Mourelle (2009), Estudia las estructuras geológicas producidas por deformación de la corteza terrestre, las que las rocas adquieren después de haberse formado, así como los procesos que las originan.

La forma del relieve terrestre depende en buena medida de las estructuras geológicas, es decir, de cómo estén dispuestos los materiales que la componen. Las estructuras de las formaciones rocosas son de dos clases:

- **Estructuras originales:** Son las estructuras que se forman a la vez que la roca, por los mismos procesos petrogenéticos que forman las rocas. Por ejemplo, en las rocas sedimentarias la estructura original típica es en forma de estratos, generalmente paralelos a veces cruzados; en las rocas volcánicas son las coladas y conos; en las rocas intrusivas son los plutones y diques.
- **Estructuras deformadas:** Son estructuras alteradas por la aplicación natural de fuerzas dirigidas (esfuerzos) sobre formaciones rocosas preexistentes. Las deformaciones correspondientes alteran la disposición previa de los materiales, que podía a su vez ser una estructura de tipo original o ser ya el resultado de alguna deformación anterior. (Ibídem)

De acuerdo con estos conceptos la Tectónica es una parte de la Geología Estructural, aquella que se centra en las estructuras de deformación, sin situar en su centro las estructuras de tipo original. (Mourelle, 2009)

## 2.5. Inestabilidad de laderas

Cuanalo (2005). La inestabilidad de taludes o laderas se define como el movimiento de masas de roca, detritos, o tierra a favor de la pendiente, bajo la influencia directa de la gravedad. Los factores que contribuyen a crear una situación de inestabilidad en una ladera son múltiples; rara vez actúa uno solo, estos se dividen en factores condicionantes y factores desencadenantes.

### 2.5.1. Factores condicionantes

#### 2.5.1.1. Intrínsecos

Existen una variedad de factores condicionantes que inciden en los procesos de inestabilidad de taludes o laderas y son relativos a la propia naturaleza o características de las laderas, esos factores pueden ser:

**Geológicos:** representan un factor de inestabilidad permanente: la litología, la estratigrafía de la roca (orientación y ángulo de inclinación), discontinuidades estratigráficas y estructurales y la alteración de las rocas (alteración hidrotermal y/o meteorización).

**Hidrológicos e hidrogeológicos:** cambio en las presiones de poros o hidrostáticas y el comportamiento geo mecánico (resistencia a la deformabilidad, compresibilidad, cohesión, etc.).

**Geomorfológicos:** áreas con altas pendientes, geometría de los taludes, topografía irregular.

**Climáticos:** también constituyen factores condicionantes. (Cruden, 1991).

### 2.5.1.2. Drenaje

Blázquez (1994). Señaló que el drenaje es “el dispositivo específicamente diseñado para la recepción, canalización y evacuación de las aguas que puedan afectar directamente a las características funcionales de cualquier elemento integrante de la carretera”. Dentro de esta amplia definición se distinguen diversos tipos de instalaciones en caminadas a cumplir tales fines, agrupadas en función del tipo de aguas que pretenden alejar o evacuar, o de la disposición geométrica con respecto al eje de la vía.

- **Drenaje superficial:** conjunto de obra destinada a la recogida de las aguas fluviales o deshielo, su canalización y evacuación a los cauces naturales, sistema de alcantarillado o a la capa freática del terreno. (Ibídem) Se dividen dos grupos tales como son:
    - **Drenaje Longitudinal:** canaliza las aguas caídas sobre la plataforma y taludes de la explanación de forma paralela a la calzada, restituyéndola a sus cauces naturales. Para ellos se emplean elementos como las cunetas, colectores, sumideros, arquetas y bajantes.
    - **Drenaje Transversal:** permite el paso del agua a través de los cauces naturales bloqueados por la infraestructura, varía de forma que no se produzcan destrozos en esta última.
    - **Drenaje Profundo:** su misión es impedir el acceso del agua a capas superiores de la carretera, por lo que se debe controlar el nivel freático del terreno y los posibles acuíferos y corrientes subterráneas existentes.
- Blázquez (s.f.)

## 2.5.2. Factores desencadenantes

### 2.5.2.1. Externos

Son aquellos que disparan o detonan la inestabilidad en los taludes. Una causa desencadenante pequeña puede ser suficiente para provocar la inestabilidad, esos factores pueden ser:

- **Naturales:** las precipitaciones pluviales normales y extraordinarias, la filtración de agua pluvial en el terreno, las variaciones de temperatura, sismos. (Ibídem)
- **Antrópicos:** están la deforestación, quemas e incendios forestales, cortes de taludes para construcción de carreteras u otra infraestructura, el asentamiento humano en las laderas, la actividad minera, el uso indebido del suelo, etc. (Ibídem)

Herrera (2013), Las inestabilidades de taludes o laderas son fenómenos que no necesariamente ocurren de manera individual, sino que generalmente evolucionan hacia mecanismos complejos que combinan diversas tipologías, siendo por ello muy difíciles de clasificar. Sin embargo, algunos autores como David Varnes (1978), J.N. Hutchinson (1968), Skempton y Hutchinson (1969) y otros, han propuesto clasificaciones para las inestabilidades de laderas de ocurrencia más frecuente.

Entre las clasificaciones existentes están:

- Por el contenido de agua.
- La velocidad del movimiento.
- La profundidad de la superficie de ruptura.
- El tipo de ruptura.
- Estado de la actividad.
- Tipo de movimiento.

## **CAPITULO III**

### **METODOLOGIA**

#### **3.1. Introducción**

El resultado de los objetivos planteados dependerá de la ejecución de diversas actividades sistemáticas como son, la constatación y adquisición de las identificaciones en el campo y la organización de la información en gabinete. En breve se describen el diseño, tipo de estudio, métodos, instrumentos y procedimientos que se utilizaran en esta investigación, los cuales facultaran de dar respuestas a las preguntas trazadas:

#### **3.1. Diseño y tipo de estudio**

La investigación se correspondió con un diseño no experimental, del tipo exploratorio-descriptivo, ya que solo fueron necesarias las observaciones de aspectos ya existentes en el objeto de estudio para la evaluación de los procesos gravitacionales en sistemas viales caso carretera Piedra Blanca – Cruce de Ocoa. Según el autor Palella y Martins (2010), el diseño no experimental es el que se realiza sin manipular en forma deliberada ninguna variable. Y la investigación exploratoria para G. Arias (2006), es aquella que se efectúa sobre un tema u objeto desconocido o poco estudiado, por lo que sus resultados constituyen una visión aproximada de dicho objeto. Al mismo tiempo es de corte transversal puesto que se recolectaron los datos en un solo momento, en un tiempo único.

### **3.2. Enfoque**

El enfoque de dicha investigación fue mixto, ya que “implico un proceso de recolección, análisis y vinculación de los datos cuantitativos y cualitativos en un mismo estudio o una serie de investigaciones para responder al planteamiento del problema.” Hernández. (2006)

Por otra parte, de acuerdo con el concepto de Grajale, T. (2000) esta investigación es aplicada, teniendo en cuenta que su propósito es aportar la información actualizada en procesos gravitacionales ( remoción, derrumbe, caída, flujo, hundimiento) para su evaluación, ya que afectan a los sistemas viales de manera severa.

### **3.3. Procedimientos**

- Revisión de literatura: Comprendió la consulta y la recopilación de información de libros, tesis, revistas, artículos de investigación entre otras fuentes.
- Mapeo: Consistió fundamentalmente en el reconocimiento físico y geológico de las zonas y la cartografía de movimientos.
- Gabinete: Espacio en el que se realizó la consulta, análisis, evaluación regional y local, regional estudios geológicos y de procesos activos en la zona.
- GIS: Se fundamentó en la elaboración y construcción de mapas geológicos, geomorfológicos y de procesos activos.
- Valoración de los Mapas: Consistió en la investigación de información obtenida de trabajos precedentes, la interpretación y reconocimientos cartográficos.

- Se elaboró un catálogo de procesos gravitacionales, donde se recogen los datos de: ubicación en coordenadas UTM (Universal Transverse Mercator), tipo de movimiento, pendiente, litología, estructura, uso de suelo, cobertura y efectos.
- Se realizó una evaluación ambiental preliminar para determinar los factores ambientales que se ven afectados con los procesos gravitacionales.
- Se realizó la consulta y levantamiento de la información geológica existente correspondiente al mapeo geológico y estudios en detalle, en este acápite podemos mencionar:
  - Consulta del Mapa Geológico de la RD a escala 1:250,000 con su memoria.
  - Consulta del Léxico Estratigráfico de la Cordillera Central.
- Se consultó el Proyecto C Proyecto Cartografía Geológica y Geotemática de la RD SYSMIN I con sus correspondientes memorias:
  - Mapa Geológico a escala 1:50,000, Hoja Azua 6071 – II y su memoria,
  - Mapa Geológico a escala 1:50,000, Hoja San José de Ocoa 6071 – I y su memoria.
  - Mapa Geológico a escala 1:50,000, Hoja Arroyo Caño 6172 – III y su memoria.
  - Mapa Geológico a escala 1:50,000, Hoja Bonao 6172 – IV y su memoria.
  - Mapa Geomorfológico a escala 1:100,000, Hoja Azua 6071.
  - Mapa Geomorfológico a escala 1:100,000, Hoja Bonao 6172.
- Revisión del Estudio Geotécnico realizado para la Carretera con la finalidad de definir algunas características constructivas en algunos tramos de la carretera.

- Consulta de los Mapas Geológicos a escala 1:50,000, Hojas La Montería 6171 – III, La Ciénaga 6171 – IV. Elaborado por la misión del BGR Alemania 1998.
- Consulta del Informe de Evaluación del deslizamiento de Loma Atravesada ocurrido en el año 2005 (realizado por la DGM).
- Consulta del Proyecto Estudio Hidrogeológico Nacional del SYSMIN I
- Consulta del Estudio Hidrogeológico Nacional de la República Dominicana Fase II. Unidad Hidrogeológica de la Cordillera Central.
- Consulta del Proyecto Prevención de Riesgos Geológicos (Riesgos Sísmicos):
- Mapa de los Sistemas de Fallas a escala 1: 500,000
- Mapa de los Lineamientos a escala 1: 500,000
- Base de Datos de Epicentros
- Consulta del Estudio de la Amenaza Sísmica de la República Dominicana. Este documento refleja de manera muy concreta los principales aspectos del comportamiento del área desde el punto de vista de la sismicidad.

### **3.4. Análisis de los datos**

Comparación de fotos tomadas en el campo con los datos obtenido al analizar las hojas geomorfológicas, mapas de procesos activos y geológicos de la zona, establecimiento.

Otra parte del análisis se llevó a cabo mediante el Sistema de Información Geográfica (SIG) ARC GIS 10.3, el cual permitió realizar análisis espaciales mediante operaciones algebraicas para obtener los diferentes mapas.

## CAPITULO IV

### PRESENTACIÓN DE LOS RESULTADOS

#### 4.1. Introducción

El objetivo principal de este capítulo es presentar los datos y resultados obtenidos de la investigación realizada, los cuales son presentados mediante cuadros de frecuencia simple y porcentual, los resultados cuantitativos y cualitativos se presentan de forma narrativa. Dicha investigación tiene como meta realizar una evaluación geológica de los procesos gravitacionales a lo largo de la carretera Piedra Blanca - Cruce de Ocoa.

#### 4.2. Procesos gravitacionales

##### 4.1.1. Tipos de movimientos en la carretera Piedra Blanca – Cruce de Ocoa

Cuadro. 1: Frecuencia y porcentajes de los Tipos de movimientos gravitacionales presente en la carretera Piedra Blanca – Cruce de Ocoa.

| Descripción                           | Frecuencia | %          |
|---------------------------------------|------------|------------|
| Coluviones                            | 92         | 55.19      |
| Flujos                                | 24         | 14.47      |
| Deslizamiento de Ladera por Gravedad  | 18         | 10.78      |
| Deslizamiento de Ladera por Reptación | 14         | 8.40       |
| Deslizamiento                         | 14         | 8.40       |
| Derrumbe                              | 4          | 2.30       |
| Glacis                                | 1          | 0.46       |
| <b>Total</b>                          | <b>167</b> | <b>100</b> |

**Fuete:** Catálogo de elaborado con los procesos gravitacionales en la carretera Piedra Blanca – Cruce de Ocoa 2016

En el cuadro anterior, se muestran los tipos de movimientos que afectan la carretera Piedra Blanca – Cruce de Ocoa, donde los de mayor incidencias son las coluviones (55.19%), esto es un indicativo de que las mismas representan una

potencial amenaza durante su aparición a lo largo de la vía, pues los movimientos de tierras inducirán a la movilización de las mismas desatando la posible ocurrencia de deslizamientos o derrumbes, pues ante cualquier factor condicionante (lluvia, que genera erosión, movimiento sísmico, etc.) se impondrá la movilización de los materiales pendiente abajo. Es justo puntualizar que el segundo grupo en importancia de estos movimientos sin lugar a duda lo ocupan los flujos los cuales se potencian en las zonas próximas a los ríos y cañadas movilizand o grandes volúmenes de material detrítico que en ocasiones entrapan los sedimentos en los cauces creando disturbios como erosión - sedimentación difusa. A continuación se muestra la Tabla no donde se señalan los tipos de procesos gravitacionales (eventos) y la cantidad de cada uno:

| <b>Movimiento</b>                     | <b>Estructuras Asociadas</b>                                                                  | <b>Litologías</b>                                                  | <b>Total</b> |            |            |
|---------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------|--------------|------------|------------|
| Deslizamiento de Ladera por Gravedad  | Falla, falla inversa, falla supuesta, falla con indicación de hundimiento, anticlinal         | Arcillas, cantos y bloques, lutitas y margas                       | 18           | 15         | 18         |
| Deslizamiento de Ladera por Reptación | Falla, falla con indicación de hundimiento, falla inversa, anticlinal, falla de cabalgamiento | Arcillas, cantos y bloques,                                        | 14           | 5          | 14         |
| Coluviones                            | falla, falla inversa, falla supuesta, falla de cabalgamiento, anticlinal volcado,             | Arenas limosas con cantos y bloques, Arcilla, Cantos y Bloques     | 92           | 80         | 92         |
| Glacis                                | Falla                                                                                         | Depósitos de arenas y arenas limosas con niveles de cantos y grava | 1            | 1          | 1          |
| Deslizamiento                         | Falla                                                                                         | Lutitas, bloques y cantos.                                         | 14           | 10         | 14         |
| Flujo                                 | falla normal                                                                                  | Arcillas, cantos y bloques, lutitas y margas.                      | 24           | 24         | 24         |
| Derrumbe                              | Falla                                                                                         | Arcillas, cantos y bloques.                                        | 4            | 4          | 4          |
| <b>Total</b>                          |                                                                                               |                                                                    | <b>167</b>   | <b>139</b> | <b>167</b> |

Los diferentes tipos de movimientos que afectan la vía, se asocian estructuras y litologías las cuales se encuentran en estrecha relación con los factores ambientales:

**Estructuras:** Falla: inversa, supuesta, falla con indicación de hundimiento. Anticlinal, y sinclinal.

**Litologías:** Arcillas, cantos y bloques, flysch (lutitas y margas). Arenas, limosas con niveles de cantos y grava.

#### **4.2. Factores ambientales involucrados**

Los factores ambientales que se ven involucrados con los procesos gravitacionales son los siguientes:

##### **4.2.1. Medio físico**

**Agua:** es el elemento disparador de los procesos gravitacionales ya que al realizar el trabajo de escurrimiento sobre la superficie del terreno desata el proceso de erosión-sedimentación, provocando la alteración de patrones de drenajes superficiales y subterráneos que pueden inducir a problemas de estabilidad y la pérdida de la capacidad portante del suelo.

**Aire:** la acción eólica es generadora de material particulado (polvo) al producir la erosión sobre la superficie descubierta, movilizándolo por todo el territorio.

**Suelo:** el suelo como producto final de la meteorización queda expuesto sobre la superficie del terreno desarrollando una compactación heterogénea la cual incide de acuerdo a su posicionamiento en la estabilidad de los taludes naturales, que posteriormente son modificados bajo la acción del agua y el viento.

##### **4.2.2. Flora y fauna**

**Flora:** De 78 especies existentes, 18 son árboles, 16 arbustos, 6 Herbáceas-Epifitas, 3 Estípites, 18 herbáceas, 1 sufrutice, y 9 trepadoras. Con un total de 65 especies de

plantas, de ellas 2 son endémicas, 52 nativas, 6 introducidas-naturalizadas, 2 introducidas-cultivadas y 3 introducidas-cultivadas-naturalizadas.

**Fauna:** de un total de 32 especies, 11 de ellas endémicas.

Anfibios: 3 especies endémicas: Cacalí, Rana Arborícola Gigante y Rana Arborícola

Reptiles: 2 especies: lagarto común y lagarto marrón

Aves poseen 27 especies: 7 endémicas, 19 residentes y 1 introducida.

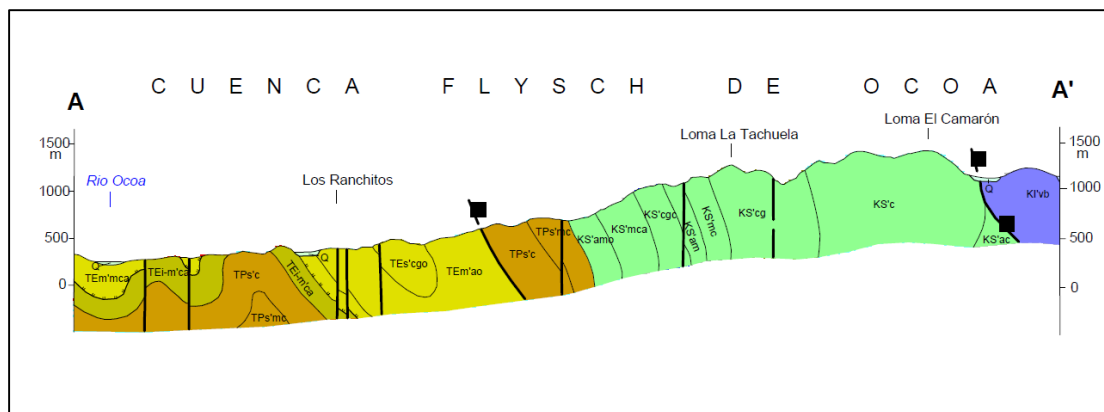
#### **4.2.3. Espesor**

En los tramos no se identifican los espesores de los estratos debido al grado de erosión y presencia de vegetación que se presentan en los cortes.

#### **4.3. Litología**

Una mejor percepción sobre la descripción litológica se obtiene de las secciones estratigráficas de los mapas geológicos, a continuación se describen las mismas

## Sección 1: Cuenca Flysch de Ocoa



**Fuente:** Hoja Geológica La Montería 6171-III

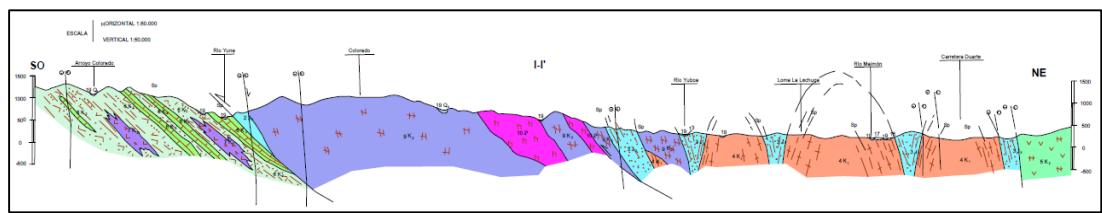
| Tipo de Roca                                                                      | Formación        | Edad Geológica     |
|-----------------------------------------------------------------------------------|------------------|--------------------|
| Marga con intercalaciones de calcarenitas                                         | Fm. Rio Ocoa     | Eoceno Medio       |
| Caliza arcillosa de color rojo-marrón en alternancia con marga.                   | Fm. El Numero    | Eoceno Inferior    |
| Caliza pelágica de color blanco con lentes de pedernales                          | Fm. Jura         | Paleógeno Superior |
| Marga con capas de caliza                                                         | Fm. Jura         | Paleógeno Superior |
| Alternancia de arenisca, limolita y marga con olistolitos                         | Fm. Los Martínez | Cretácico superior |
| Marga oscura con intercalaciones de calcarenita                                   | Fm. Los Martínez | Cretácico superior |
| Conglomerado con predominancia de clastos de caliza, en alternancia con arenisca  | Fm. Los Martínez | Cretácico superior |
| Alternancia de arenisca gravosa, arenisca, limolita y marga                       | Fm. Los Martínez | Cretácico superior |
| Marga y limo con estratos esporádicos de caliza oscura                            | Fm. Los Martínez | Cretácico superior |
| Conglomerado poligénico con intercalaciones de arenisca y limolita                | Fm. Los Martínez | Cretácico superior |
| Caliza pelágica de color blanco, rojizo y gris oscuro con capas de marga calcárea | Fm. El Manaclar  | Cretácico superior |
| Alternancia de arenisca calcárea y marga; arenisca masiva                         | Fm. El Manaclar  | Cretácico superior |
| Caliza arcillosa de color rojo-marrón en alternancia con marga                    | Fm. El Número    | Paleógeno Superior |
| Alternancia de conglomerado poligénico, arenisca y limolita con olistolitos       | Fm. Rio Ocoa     | Eoceno Superior    |
| Alternancia de arenisca, limolita y marga con olistolitos                         | Fm. Rio Ocoa     | Eoceno Medio       |

**Fuente:** Sección 1 Flysch de Ocoa, Hoja Geológica La Montería 6171-III

Se observa una sección de la carretera Piedra Blanca – Cruce de Ocoa donde se presenta el contacto de la Fm. El Número con la Fm. Jura que interviene con la Fm.

Rio Ocoa la cual tiene presencia de margas con intercalaciones de calcarenitas pertenecientes a la Fm. Rio Ocoa, caliza arcillosa de color rojo-marrón en alternancia con marga de la Fm. El Número, caliza pelágica de color blanco con lentes de pedernales, marga con capas de caliza de la Fm. Jura, alternancia de arenisca, limolita y marga con olistolitos, perteneciente a la Fm. Rio Ocoa.

### Sección No. 2



**Fuente:** Hoja Geológica Arroyo Caño 6172-III

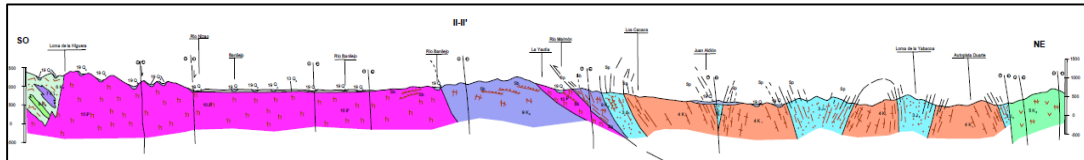
| Tipo de Roca                                                                                                        | Formación              | Edad Geológica                 |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------|--------------------------------|
| Rocas volcanoclástica masivas o estratificadas con intercalaciones subordinadas de Coladas y calizas.               | Fm. Tiro               | Cretácico Superior             |
| Calizas tableadas y en bancos de tonos blancos, rojos y grises                                                      | Fm. Tiro               | Cretácico Superior             |
| Coladas andesíticas y basálticas masivas o interestratificadas con términos volcanoclásticos                        | Fm. Tiro               | Cretácico Superior, Campaniano |
| Esquistos máficos (facies de los esquistos y subesquistos verdes) y, localmente, metadiabasas                       | Complejo Duarte        | Jurásico Superior              |
| Gabros y Gabro-noritas                                                                                              | La yautía              | Cretácico Superior             |
| Tonalitas no Foliadas                                                                                               |                        | Terciario- paleógeno           |
| Anfibolitas hornbléndicas (y esquistos anfibólicos) asociadas al contacto con las intrusiones de tonalitas foliadas | Complejo Duarte        | Jurásico Superior              |
| Tonalitas foliadas                                                                                                  | Cuenca San Juan – Azua | Cretácico inferior             |
| Basaltos afaníticos masivos y diabasas con esporádicos niveles volcanoclásticos y cherts                            | Fm. Siete Cabeza       | Cretacico Superior             |

**Fuente:** Sección, Hoja Geológica Arroyo Caño 6172-III

Sección anterior se observa donde interviene la carretera Piedra Blanca – Cruce de Ocoa, y se presenta un contacto de las tonalitas foliadas con las Anfibolitas

hornbléndicas (y esquistos anfibólicos) asociadas al contacto con las intrusiones de tonalitas foliadas, la cual cuenta con fallas supuesta en dirección NW – SE.

### Sección 3



**Fuente:** Hoja Geológica Arroyo Caño 6172-III, para mayor detalle consultar la hoja geológica

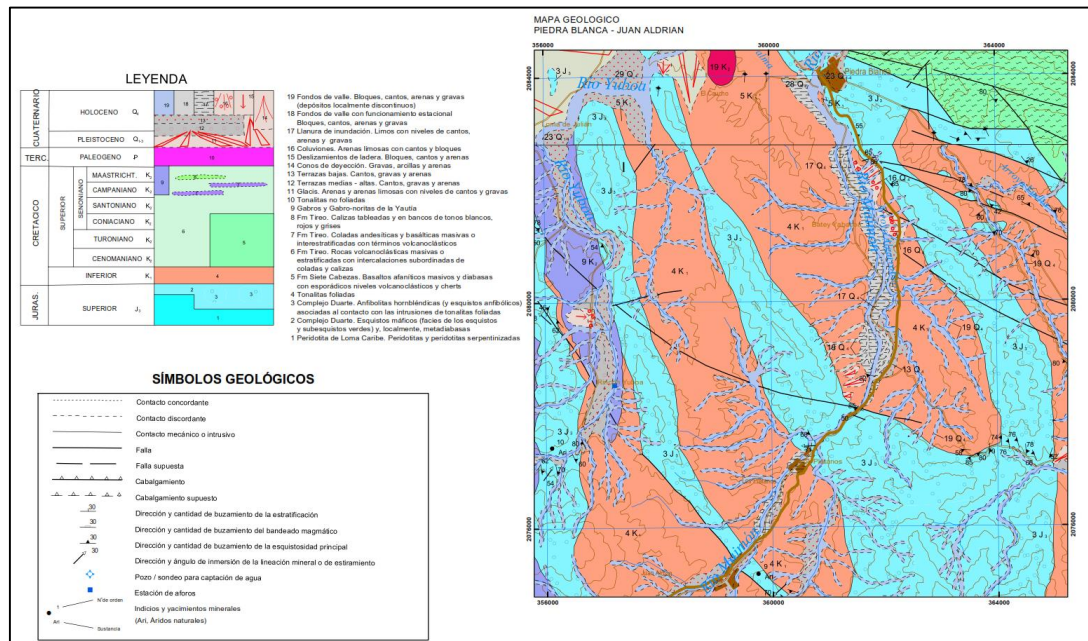
| Tipo de roca                                                                                                                                     | Formación        | Edad Geológica                 |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------|--------------------------------|
| Rocas volcanoclásticas masivas o estratificadas con intercalaciones subordinadas de coladas y calizas                                            | Fm. Tiroo        | Cretácico superior             |
| Coladas andesíticas y basálticas masivas o interestratificadas con términos volcanoclásticos                                                     | Fm. Tiroo        | Cretácico superior, Campaniano |
| Calizas tableadas y en bancos de tonos blancos, rojos y grises                                                                                   | Fm. Tiroo        | Cretácico superior, Senoniano  |
| Tonalitas no foliadas                                                                                                                            |                  | Terciario, paleógeno           |
| Gabros y Gabro-noritas, con bandeo magmático                                                                                                     | La Yautia        | Cretácico superior, Senoniano  |
| Anfibolitas hornbléndicas (y esquistos anfibólicos) asociadas al contacto con las intrusiones de tonalitas foliadas, con esquistosidad principal | Complejo Duarte  | Jurásico Superior              |
| Tonalitas foliadas                                                                                                                               |                  | Cretácico Inferior             |
| Basaltos afaníticos masivos y diabasas con esporádicos niveles volcanoclásticos y cherts                                                         | Fm. Siete Cabeza | Cretácico superior, senoniano  |

**Fuente:** sección, Hoja Geológica Arroyo Caño 6172-III

En la sección 3 se observa donde interviene la carretera Piedra Blanca – Cruce de Ocoa, se presenta un contacto de gabros y gabro-noritas perteneciente a la Fm. La Yautía con las tonalitas no foliadas donde afectado por la tectónica existe un contacto por falla en dirección NW – SE de los gabros que son más antiguos que las tonalitas no foliadas, seguida de las anfibolitas hornbléndicas del Complejo Duarte asociadas al contacto con las intrusiones de tonalitas foliadas.

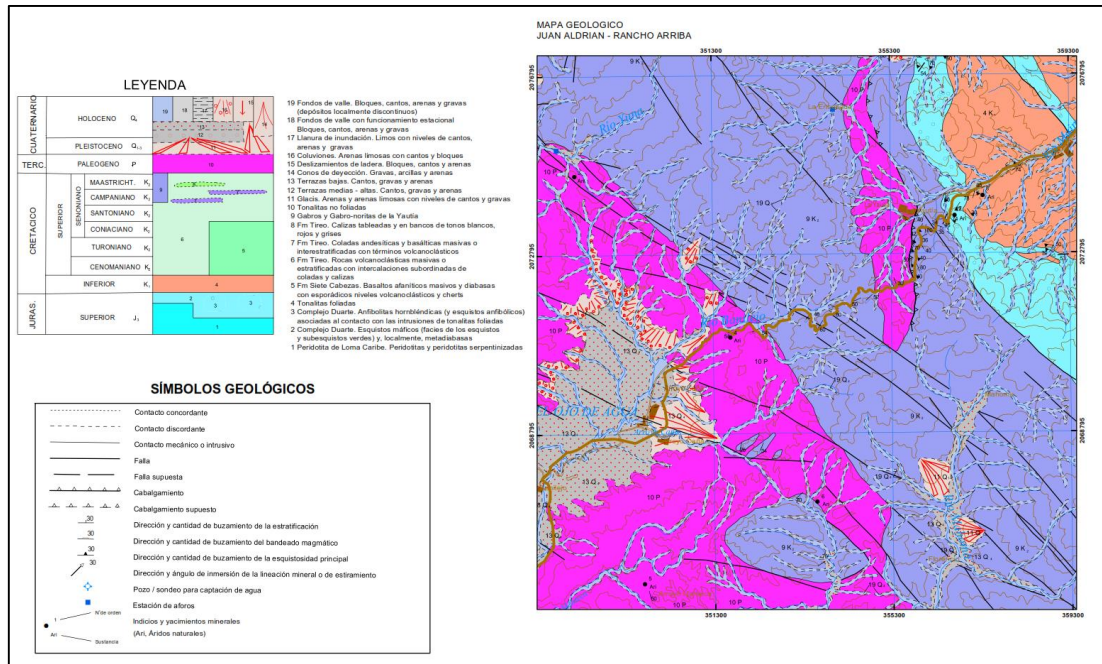
### 4.3.1. Mapas geológicos de los tramos de la Carretera Piedra Blanca Ocoa

#### Mapa Geológico tramo 1



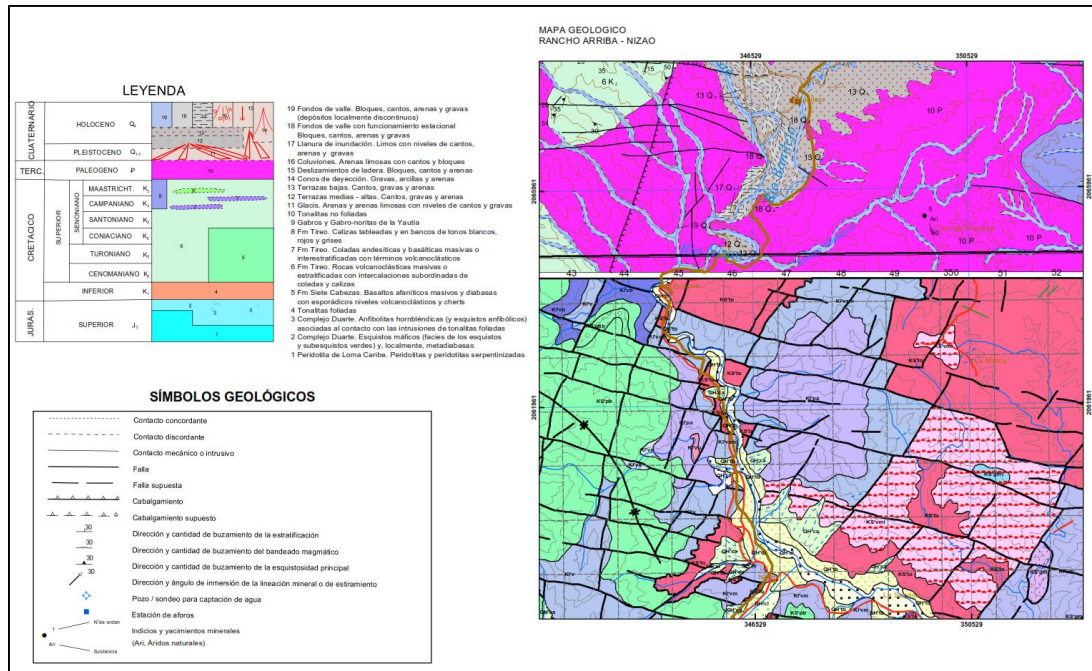
El tramo I de esta se pueden identificar los tipos de estructuras que atraviesan el tramo de la carretera pudiendo generar algún tipo de movimientos causando daños a la misma.

## Mapa Geológico tramo 2



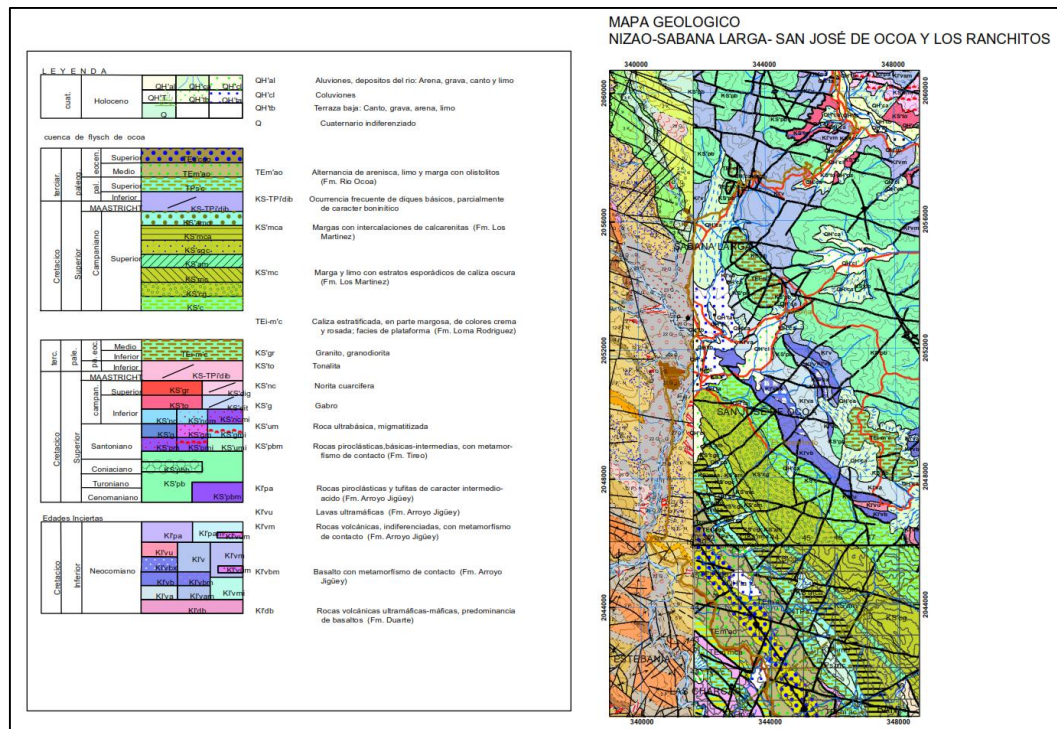
Aquí se pueden observar las secuencias de estructuras presente en este tramo. También con presencia de secuencias sedimentarias representadas por areniscas, margas calizas y facies turbidíticas.

## Mapa Geológico tramo 3



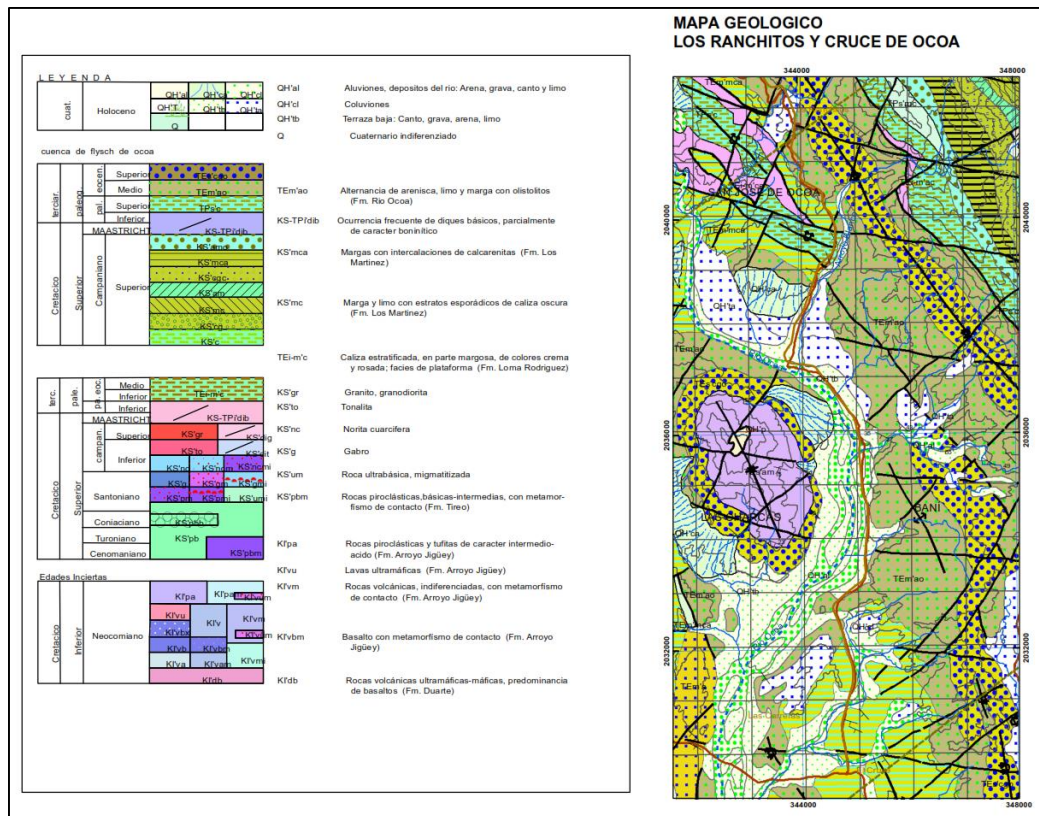
En el tramo III la tectónica se observa fuertemente influenciada por la Zona de Falla San José de Ocoa – Restauración.

## Mapa Geológico tramo 4



La tectónica se observa por la presencia de las fallas que están organizadas en dirección predominante NW – SE, ubicadas en el metamorfismo de contacto de la Fm Tireo y la Fm Rio Ocoa con la Fm El Numero.

## Mapa Geológico tramo 5



En este tramo se observa presencia local de capas de conglomerados, alternancia de areniscas, limolita y marga con olistolitos, terraza alta, canto, gravas, arena y limos etc.

#### 4.4. Taludes

Cuadro no. 2: Comportamiento de la Pendiente en los taludes

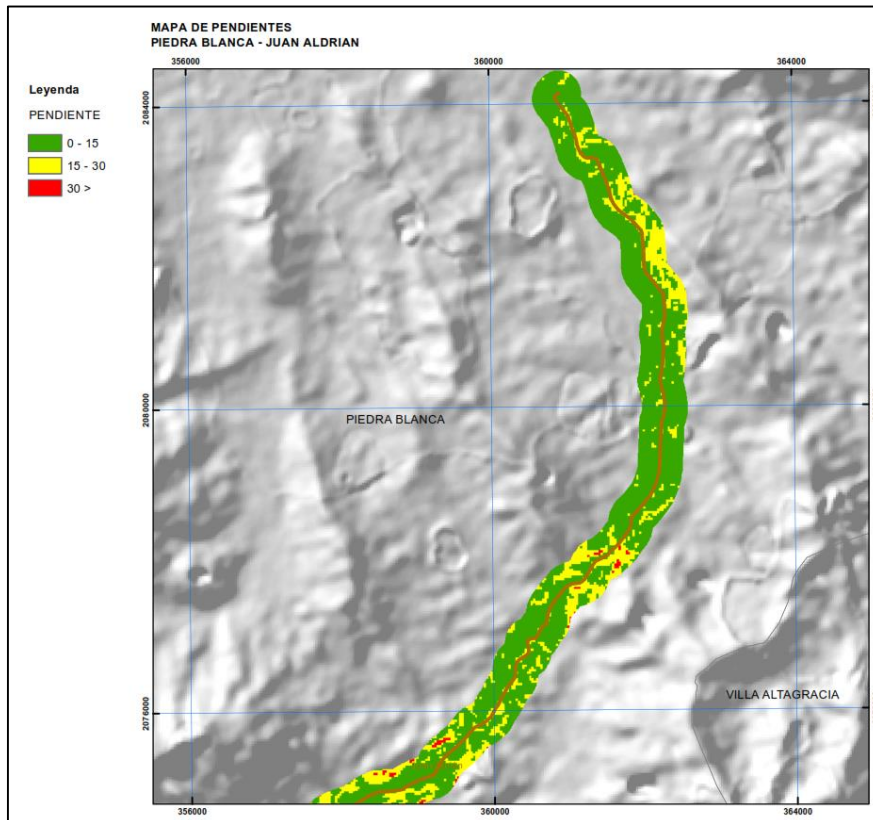
| <b>Movimientos</b>                    | <b>Pendientes</b> | <b>Total</b> |
|---------------------------------------|-------------------|--------------|
| Deslizamiento de Ladera por Gravedad  | 0-15              | 12           |
| Deslizamiento de Ladera por Gravedad  | 30                | 1            |
| Deslizamiento de Ladera por Gravedad  | 15-30             | 4            |
| Deslizamiento de Ladera por Reptación | 0-15              | 7            |
| Deslizamiento de Ladera por Reptación | 15-30             | 6            |
| Coluviones                            | 0-15              | 43           |
| Coluviones                            | 15-30             | 32           |
| Coluviones                            | 30                | 8            |
| Glacis                                | 0-15              | 1            |
| Deslizamiento                         | 15-30             | 12           |
| Deslizamiento                         | 30                | 4            |
| Derrumbe                              | 30                | 4            |
| Flujo                                 | 15-30             | 24           |
| <b>Total</b>                          |                   | <b>158</b>   |

**Fuete:** Catalogo de elaborado con los procesos gravitacionales en la Piedra Blanca – Cruce de Ocoa 2016

Los valores de pendientes de mayor distribución ocurre entre 15 – 30 grados correspondiendo a eventos tales como deslizamientos por gravedad, deslizamiento por Reptación de ladera, y los Coluviones los glacis presentan un nivel de 0-15 y los flujos van desde 15-30.

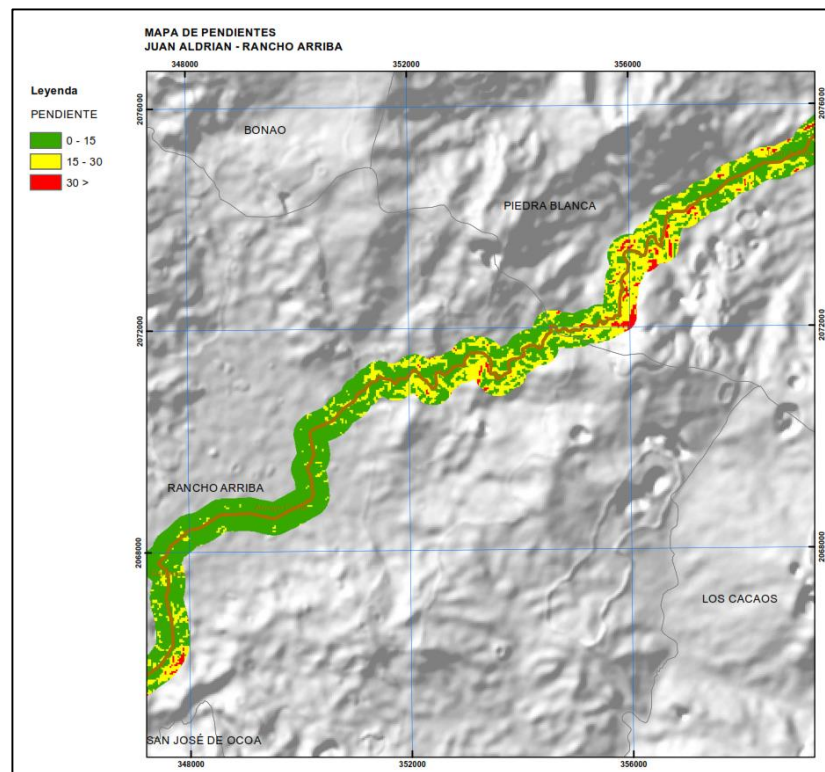
#### 4.4.1. Mapas de pendientes en los tramos de la Carretera Piedra Blanca Ocoa

##### Mapa de pendientes Tramo 1



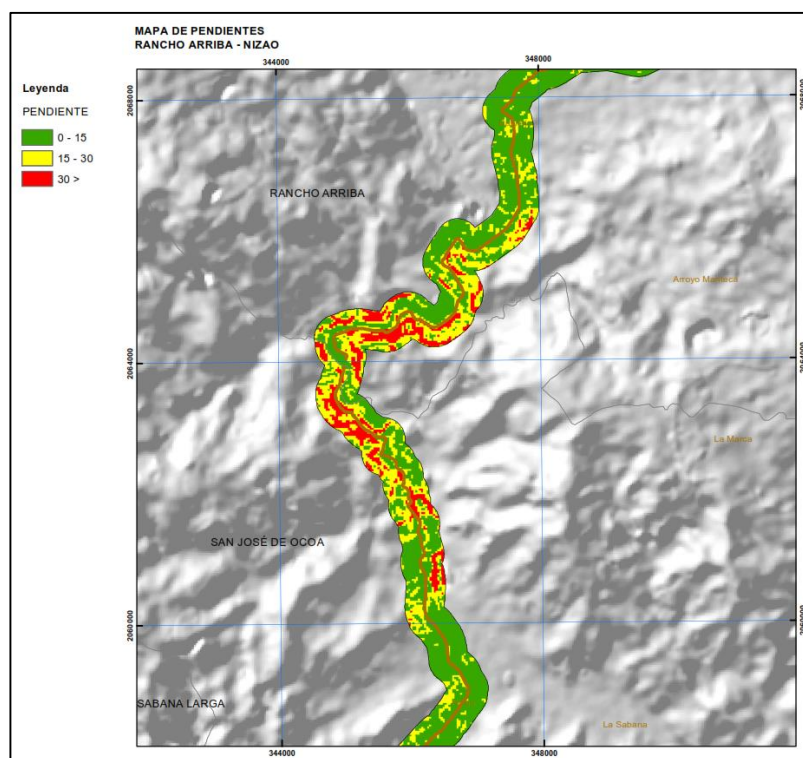
En este se muestran las pendientes que van de 0-15, 15-30, 30>.

## Mapa de pendientes Tramo 2



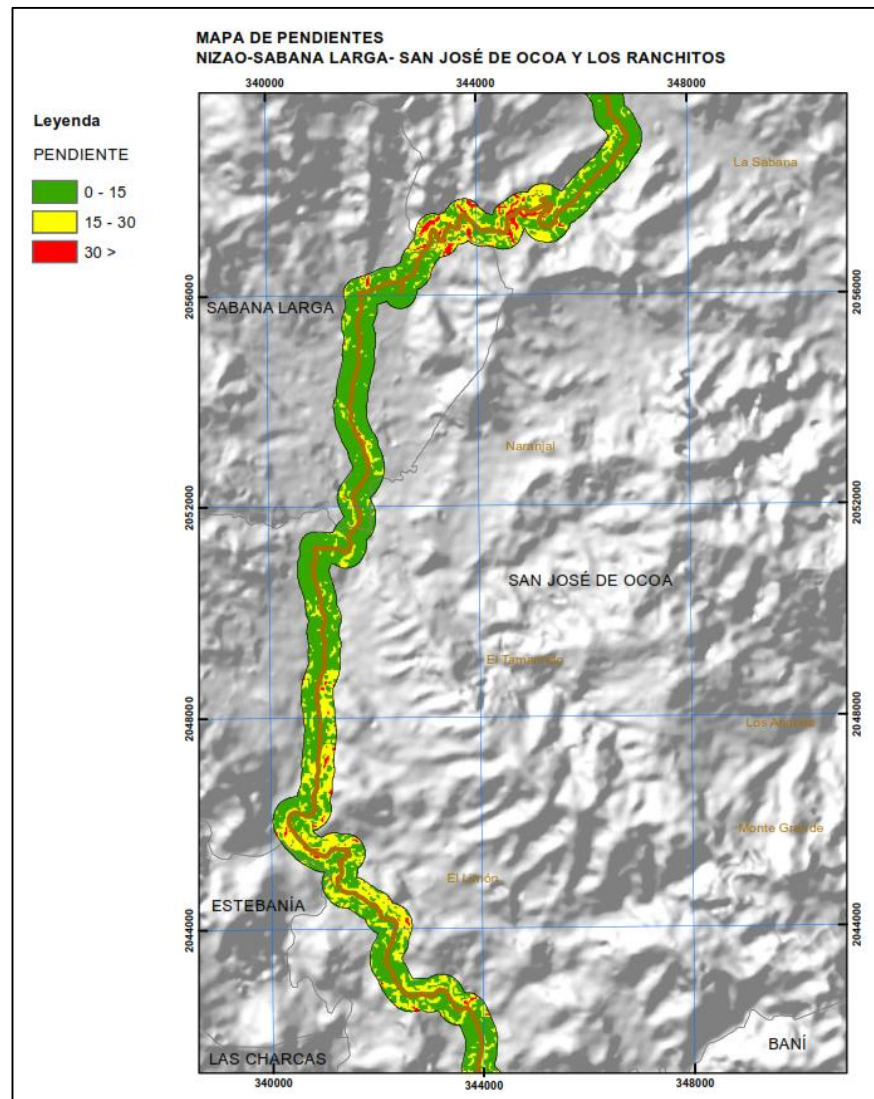
Al igual que el tramo I en este se muestran las pendientes que van de 0-15, 15-30, 30>.

### Mapa de pendientes Tramo 3



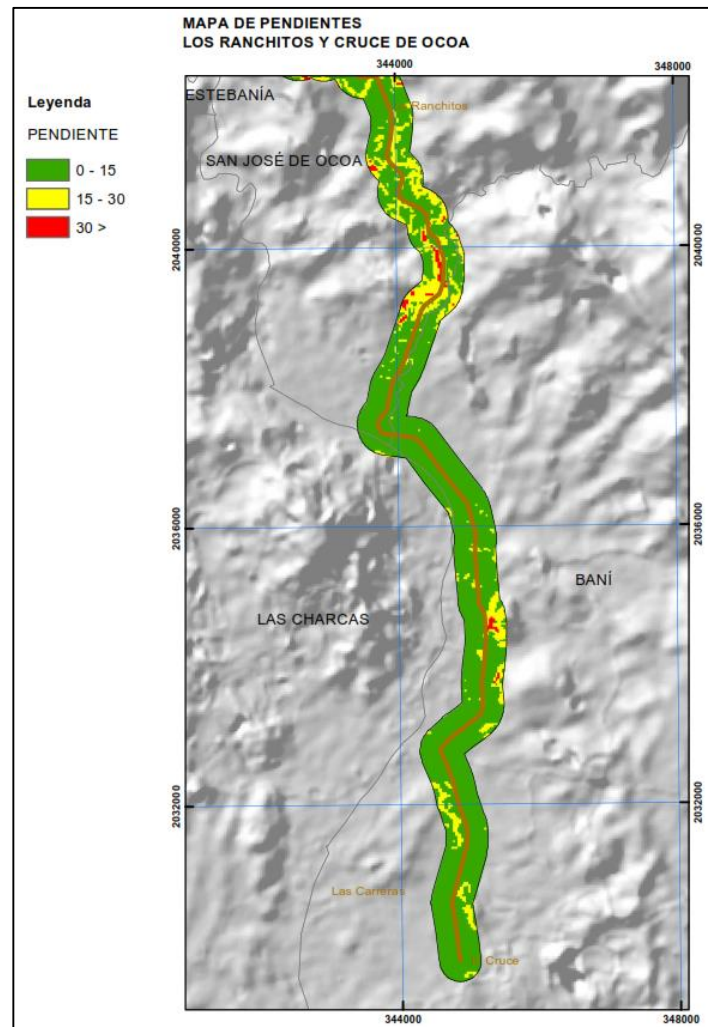
En este mapa se muestran las pendientes que van de 0-15, 15-30, 30>.

## Mapa de pendientes Tramo 4



En este mapa se muestran las pendientes que van de 0-15, 15-30, 30>.

## Mapa de pendientes Tramo 5



En este mapa se muestran las pendientes que van de 0-15, 15-30, 30>.

#### 4.4.2. Erosión



Como se observa en la imagen, la erosión destruye el suelo y las rocas combinada con varios factores, como la temperatura, el agua, el viento, la gravedad, la vida vegetal y las actividades de Movimiento de tierra, causando un cambio en el relieve y desencadenado movimientos tales como: Deslizamiento de Ladera por Gravedad, Deslizamiento de Ladera por Reptación, Coluviones, Glacis y deslizamientos.

En la carretera Piedra Blanca – Cruce de Ocoa los ángulos de fricción están entre: 32°-60°, donde el de mayor inclinación se encuentra en el tramo III de 45°-60°, seguido del tramo IV con 45°-50, el tramo V de 45°-48, mientras que el tramo II de 32°-35° y para el tramo I de 32°-37°. A continuación se muestra la tabla de Amenaza por erosión donde se analiza el comportamiento por tramos:

#### 4.4.3. Amenazas por Erosión en los tramos de la carretera Piedra Blanca cruce-Ocoa

| <b>Tramo I Piedra Blanca – Juan Adrián</b>                              | <b>Tipo de Estructura</b>                      |
|-------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------|
| Atajadizo – La Privada                                                  | Terraza media, base del talud                  |
| La Privada - Los Plátanos                                               | Terraza media, base del talud                  |
| Los Plátanos – Juan Adrián                                              | Llanura de inundación, terraza baja            |
| Juan Adrián - Los Cacaos                                                | Terraza media                                  |
| Los Cacaos – La Yautía                                                  | Terraza media                                  |
| La Peñita – Peñita Arriba                                               | Taludes erosionados                            |
| Juan Luis – Arroyo Caña                                                 | Taludes erosionados y cono de deyección activo |
| <b>Tramo II Juan Adrián – Rancho Arriba</b>                             | <b>Tipo de Estructura</b>                      |
| Banilejo – Las Avispas                                                  | Terraza media – baja y base del talud          |
| Las Avispas – Rancho Arriba                                             | Taludes erosionados y Cono aluvial             |
| <b>Tramo III Rancho Arriba – Nizao</b>                                  | <b>Tipo de Estructura</b>                      |
| Firme del Manguito - Nizao                                              | Taludes erosionados                            |
| Nizao – El Pie de la Loma                                               | Taludes erosionados                            |
| El Barro – Sabana Larga de Ocoa                                         | Taludes erosionados                            |
| <b>Tramo IV Nizao - Sabana Larga – San Jose de Ocoa – Los Ranchitos</b> | <b>Tipo de Estructura</b>                      |
| Loma Atravesada – Loma de Méndez                                        | Taludes erosionados                            |
| Loma de Méndez – Los Ranchitos                                          | Taludes erosionados                            |
| <b>Tramo V Los Ranchitos – Cruce de Ocoa</b>                            | <b>Tipo de Estructura</b>                      |
| Los Ranchitos – Las Caobas                                              | Taludes erosionados                            |
| Las Caobas – Loma de Saviñon                                            | Taludes erosionados                            |
| Loma de Saviñon – Loma El Abey                                          | Terraza media – baja y base del talud          |
| Loma El Abey – Cruce de Ocoa                                            | Terraza media – baja y base del talud          |

Fuente: Calzadilla, 2016

Como observación relevante se puede señalar la abundante presencia de la erosión en los taludes y las terrazas medias.

#### 4.5. Tectónica

Otro elemento a considerar es la combinación de los procesos fluviales y la tectónica. Donde han sido tomados en cuenta los siguientes elementos: Fallas,

plegamientos y procesos fluviales. Además de las fallas se presentan estructuras menores como: diaclasas y fisuras.

| Relación Deslizamientos y Procesos fluviales |             |           |                                                                                                                                     |
|----------------------------------------------|-------------|-----------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Puntos                                       | Coordenadas |           | Descripción                                                                                                                         |
|                                              | X           | Y         |                                                                                                                                     |
| Tramo I Piedra Blanca – Juan Aldrián         |             |           |                                                                                                                                     |
| 1                                            | 361,289     | 2,083,292 | Lomas con flancos afectados por fallas                                                                                              |
| 2                                            | 361,036     | 2,081,822 | Relieve escarpado, fallas                                                                                                           |
| 3                                            | 361,823     | 2,078,647 | Zona de influencia del río maimón, que durante las crecidas con sus aguas erosiona el pie del talud y provoca el Derrumbe escarpado |
| 4                                            | 361,546     | 2,078,312 | Próximo a la falla el río está haciendo una extensión lateral que socava la carretera                                               |
| 5                                            | 361,823     | 2,077,986 | Próximo a la falla el río está haciendo una extensión lateral que socava la carretera                                               |
| 6                                            | 360,852     | 2,077,676 | Puente sobre el río Los Plátanos se observa escarpe de falla                                                                        |
| 7                                            | 360,722     | 2,077,429 | Mina de préstamo para la carretera. Próximo al poblado Los Plátanos                                                                 |
| 8                                            | 357,742     | 2,074,691 | Abundante cantidad de bloques que provienen del talud. Zona identificada de caída de bloques                                        |
| 9                                            | 357,030     | 2,074,594 | Terraza baja río Maimón y del otro lado loma con escarpes que ha producido caída de bloques                                         |
| 10                                           | 357,312     | 2,074,457 | Derrumbe                                                                                                                            |
| 11                                           | 357,175     | 2,074,323 | Terraza baja río Maimón, derrumbe                                                                                                   |
| 12                                           | 356,627     | 2,073,826 | Derrumbe y escarpes                                                                                                                 |
| 13                                           | 356,557     | 2,073,589 | Deslizamiento activado por la Falla                                                                                                 |
| 14                                           | 356,485     | 2,073,684 | Deslizamiento activado por la Falla                                                                                                 |
| Tramo II Juan Adrián – Rancho Arriba         |             |           |                                                                                                                                     |
| 15                                           | 356,382     | 2,073,735 | Falla                                                                                                                               |
| 16                                           | 356,093     | 2,073,490 | Falla                                                                                                                               |
| 17                                           | 356,062     | 2,073,498 | Afloramiento con inestabilidad                                                                                                      |
| 18                                           | 355,985     | 2,073,500 | Escarpe de falla visible                                                                                                            |
| 19                                           | 355,972     | 2,073,265 | Falla                                                                                                                               |
| 20                                           | 355,868     | 2,072,895 | Derrumbe y falla                                                                                                                    |
| 21                                           | 355,544     | 2,072,181 | Derrumbe                                                                                                                            |
| 22                                           | 355,405     | 2,072,137 | Puente señalizado por inestabilidad                                                                                                 |
| 23                                           | 354,916     | 2,072,053 | Curva del camino en proceso de Derrumbes                                                                                            |
| 24                                           | 354,420     | 2,071,846 | Derrumbes. Hay fallas                                                                                                               |
| 25                                           | 353,832     | 2,071,371 | Derrumbes. Hay fallas                                                                                                               |
| 26                                           | 353,505     | 2,071,446 | Acarcavamiento que dispara derrumbes y deslizamientos. Hay fallas                                                                   |
| 27                                           | 353,211     | 2,071,684 | Acarcavamiento que dispara derrumbes y deslizamientos. Hay fallas                                                                   |
| 28                                           | 353,147     | 2,071,682 | Encima de la cabecera de un derrumbe. Sobre Gabros, gabro - noritas. Hay fallas                                                     |

|                                                                         |         |           |                                                                     |
|-------------------------------------------------------------------------|---------|-----------|---------------------------------------------------------------------|
| 29                                                                      | 353,017 | 2,071,569 | Caída de bloques. Sobre Gabros, gabro - noritas. Hay fallas         |
| 30                                                                      | 353,014 | 2,071,470 | Sobre Gabros, gabro - noritas                                       |
| 31                                                                      | 352,729 | 2,071,337 | Cono de deyección                                                   |
| 32                                                                      | 352,494 | 2,071,190 | Puente sobre el arroyo se observa inestabilidad                     |
| 33                                                                      | 352,388 | 2,071,098 | Deslizamiento                                                       |
| 34                                                                      | 351,775 | 2,071,150 | Derrumbes                                                           |
| 35                                                                      | 351,170 | 2,071,193 | Derrumbes, Cono de deyección                                        |
| 36                                                                      | 350,032 | 2,068,972 | Terraza baja formada por un cono de deyección. Hay escarpe de falla |
| <b>Tramo III Rancho Arriba – Nizao</b>                                  |         |           |                                                                     |
| 37                                                                      | 346,936 | 2,065,801 | Terraza baja río Banilejo                                           |
| 38                                                                      | 346,545 | 2,065,765 | Terraza baja río Nizao                                              |
| 39                                                                      | 346,034 | 2,064,864 | Terraza media alta río Nizao                                        |
| 40                                                                      | 345,833 | 2,064,777 | Sobre tonalitas                                                     |
| 41                                                                      | 345,721 | 2,064,600 | Sobre tonalitas                                                     |
| 42                                                                      | 344,888 | 2,064,560 | Sobre tonalitas                                                     |
| 43                                                                      | 345,022 | 2,063,864 | Sobre rocas volcánicas meteorizadas y fallas                        |
| 44                                                                      | 344,864 | 2,063,629 | Sobre rocas volcánicas meteorizadas y fallas                        |
| 45                                                                      | 344,944 | 2,063,231 | Sobre rocas volcánicas meteorizadas y fallas                        |
| 46                                                                      | 345,175 | 2,063,001 | Sobre rocas volcánicas meteorizadas y fallas                        |
| 47                                                                      | 345,626 | 2,062,287 | Cono aluvial, próximo a falla                                       |
| <b>Tramo IV Nizao - Sabana Larga – San Jose de Ocoa – Los Ranchitos</b> |         |           |                                                                     |
| 48                                                                      | 346,512 | 2,059,230 | Arroyo Dos Cañadas al pie del Firme de Antonio Subero               |
| 49                                                                      | 346,242 | 2,058,200 | Encima de coluviones                                                |
| 50                                                                      | 345,401 | 2,057,559 | Derrumbes                                                           |
| 51                                                                      | 345,329 | 2,057,701 | Derrumbes                                                           |
| 52                                                                      | 345,298 | 2,057,270 | Encima del cono aluvial                                             |
| 53                                                                      | 343,152 | 2,057,147 | Zona de falla                                                       |
| 54                                                                      | 342,578 | 2,056,163 | Encima del cono aluvial                                             |
| 55                                                                      | 341,728 | 2,053,234 | Terrazas bajas medias                                               |
| <b>Tramo V Los Ranchitos – Cruce de Ocoa</b>                            |         |           |                                                                     |
| 56                                                                      | 340,894 | 2,047,133 | Fm Ocoa con flujos presencia de fallas                              |
| 57                                                                      | 340,552 | 2,046,317 | Fm Ocoa con flujos presencia de fallas                              |
| 58                                                                      | 341,477 | 2,045,555 | Abanico aluvial                                                     |
| 59                                                                      | 341,342 | 2,045,442 | Abanico aluvial                                                     |
| 60                                                                      | 341,329 | 2,045,205 | Abanico aluvial                                                     |
| 61                                                                      | 344,582 | 2,039,387 | Fm Jura meteorizada y alterada                                      |
| 62                                                                      | 344,528 | 2,039,277 | Fm Jura meteorizada y alterada                                      |
| 63                                                                      | 344,225 | 2,038,615 | Cono aluvial                                                        |
| 64                                                                      | 344,809 | 2,036,672 | Terraza baja                                                        |
| 65                                                                      | 345,237 | 2,034,805 | Terraza baja                                                        |
| 66                                                                      | 345,185 | 2,033,999 | Terraza baja                                                        |
| 67                                                                      | 344,828 | 2,032,132 | Coluviones                                                          |
| 68                                                                      | 344,800 | 2,029,922 | Próximo a falla                                                     |

Fuente: Reyes, Batista y Vásquez 2016

De esta tabla anterior se puede resumir que las fallas son el segundo elemento disparador de los deslizamientos que se acondicionan con las litologías y los escurrimientos superficiales que existen en el terreno a lo largo de la vía

#### **4.6. Inestabilidad de ladera**

##### **4.6.1. Relieve**



En la imagen, se muestra que el relieve es un factor de gran importancia, considerando que a partir de este se dan concentraciones de tensiones en partes determinadas del talud que producen rotura total o parcial del mismo, está marcado por valles cerrados en forma de V, vertientes inclinadas y características geomorfológicas típicas del relieve en áreas afectada por intenso tectonismo con valles suspendidos, niveles de llanuras y terrazas aluvionales escalonadas, además de divisoras de aguas siguiendo el patrón de alineamiento tectónico regionales, presenta una red de drenaje con declives pronunciados y áreas relativamente reducidas de canales que condicionan la hidrografía, marcadas por repentinas crecidas provocadas por lluvias intensas que se disipan rápidamente.

La siguiente tabla muestra las amenazas por deslizamientos, derrumbes, caída de bloques, etc.:

| <b>Tabla de Amenazas por Deslizamiento, Derrumbe, Caída de Bloques y Flujos</b> |                                         |
|---------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------|
| <b>Sector</b>                                                                   | <b>Tipo de Estructura</b>               |
| <b>Tramo I Piedra Blanca – Juan Adrián</b>                                      |                                         |
| Piedra Blanca – El Algarrobito                                                  | Escarpes                                |
| El Atajadizo – La Privada – El Desvío                                           | Escarpes, derrumbes, caída de bloques   |
| Los Plátanos – Juan Adrián – Los Cacaos                                         | Derrumbes, escarpes, caída de bloques   |
| <b>Tramo II Juan Adrián – Rancho Arriba</b>                                     |                                         |
| Los Cacaos – La Yautía                                                          | Derrumbes, escarpes, Deslizamientos     |
| La Yautía – La Perímetro                                                        | Derrumbes y Deslizamientos              |
| La Perímetro – La Peñita                                                        | Derrumbes y Deslizamientos              |
| La Peñita – Peñita Arriba                                                       | Derrumbes y Deslizamientos              |
| Juan Luis – Arroyo Caña                                                         | Escarpes                                |
| <b>Tramo III Rancho Arriba – Nizao</b>                                          |                                         |
| Banilejo – Las Avispas                                                          | Derrumbes, escarpes, Deslizamientos     |
| Las Avispas – Firme del Manguito                                                | Derrumbes, escarpes, caída de bloques   |
| Firme del Manguito – Arroyo Caña                                                | Deslizamientos por reptación            |
| Arroyo Caña – Nizao                                                             | Deslizamientos por reptación y gravedad |
| Nizao – El Pie de la Loma                                                       | Derrumbes, escarpes, caída de bloques   |
| El Barro – Sabana Larga de Ocoa                                                 | Derrumbes, escarpes, caída de bloques   |
| <b>Tramo IV Nizao - Sabana Larga – San Jose de Ocoa – Los Ranchitos</b>         |                                         |
| Loma Atravesada – Loma de Méndez                                                | Derrumbes, escarpes, Deslizamientos     |
| Loma de Méndez – Los Ranchitos                                                  | Derrumbes y Deslizamientos              |
| <b>Tramo V Los Ranchitos – Cruce de Ocoa</b>                                    |                                         |
| Los Ranchitos – Las Caobas                                                      | Derrumbes y Deslizamientos              |
| Las Caobas – Loma de Saviñon                                                    | Derrumbes y Deslizamientos              |
| Loma de Saviñon – Loma El Abey                                                  | Escarpes, derrumbes, caída de bloques   |
| Loma El Abey – Cruce de Ocoa                                                    | Terraza media – baja y base del talud   |

\*Se destacan de manera resumida los tramos de la vía afectados de manera severa para facilitar su comprensión

Producto de esta interacción podemos observar que a lo largo de la vía se identifican espacios relevantes donde es mayor la cantidad de deslizamientos, derrumbes y coluviones.

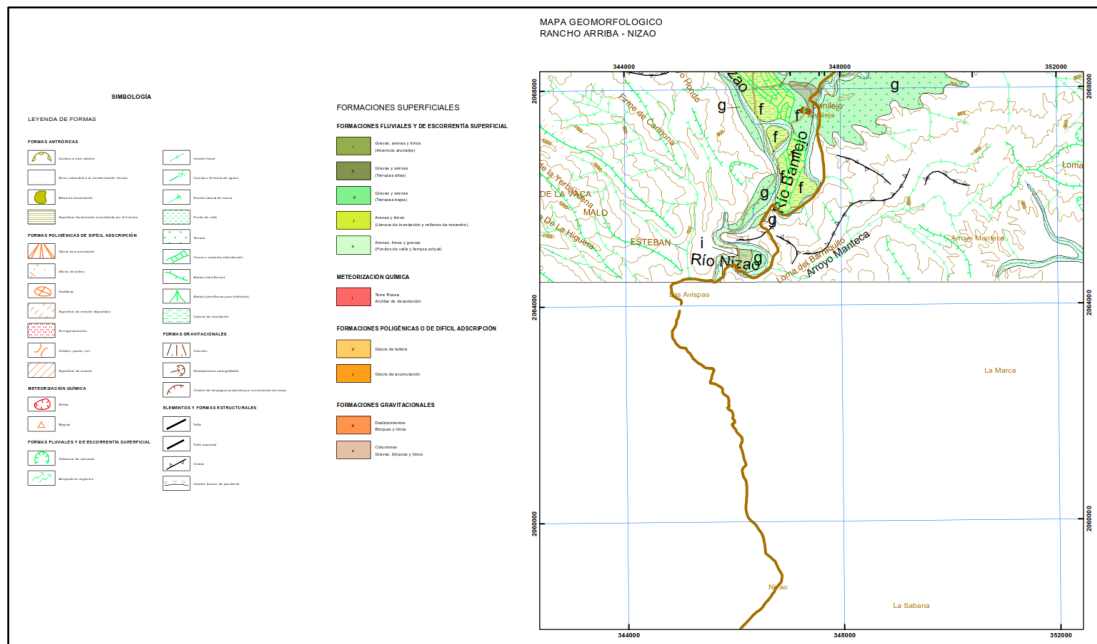
## Mapa Geomorfológico Tramo 1



## Mapa Geomorfológico Tramo 2



## Mapa Geomorfológico Tramo 3



En este tramo se muestra un relieve ondulado.

### 4.6.2. Sismicidad

Analizando las estructuras tectónicas presentes a lo largo de la vía se observan dos estructuras de gran relevancia considerando el tectonismo de la Isla Hispaniola, una la Falla Restauración de carácter regional y la Falla Bonao ambas atraviesan a la vía en dirección sublatitudinal. Además en esta región sur destaca un cambio de dirección Norte – Sur en las fallas, fracturas y/o diaclasas, situación única en el país donde se presenta con una evidente tendencia un giro prácticamente de 90 grados.

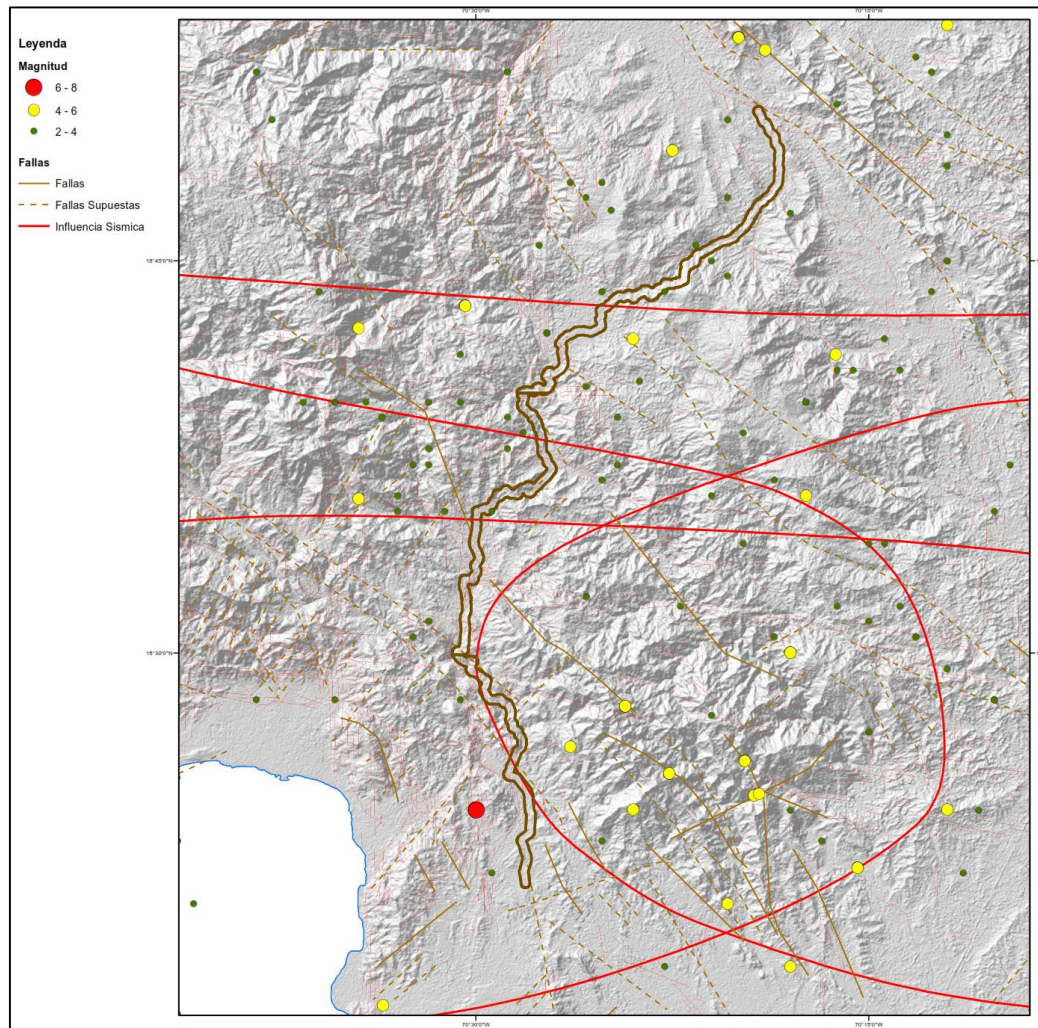
La influencia de las estructuras con respecto a los epicentros demuestra la estrecha relación que existe entre ellas el Cuadro no. (x): muestra los Intervalos de los sismos registrados durante el período 2012-2016.

| <b>Magnitud</b> | <b>Frecuencia</b> |
|-----------------|-------------------|
| < 3             | 3                 |
| 3-4             | 24                |
| > 4             | 50                |
| <b>Total</b>    | <b>77</b>         |

**Fuente:** Instituto Sismológico Universitario (ISU) 2016

A pesar de la alta frecuencia (24) de eventos sísmicos de magnitud 3 – 4, los sismos mayores de 4 han sido los de mayores ocurrencias distribuidas por toda la región y con relativa cercanía hacia la vía. Dentro de la microzonificación sísmica del país el área de la vía se localiza en zona de la Falla Bonaio considerada como un área productora de sismos. Por lo que, se considera una zona de amenaza sísmica considerable. Este es el segundo factor desencadenante para los procesos gravitacionales en el área.

#### 4.6.3. Mapa de epicentros en la Carretera Piedra Blanca – Cruce de Ocoa



#### 4.6.4. Uso del suelo

El uso del suelo a lo largo de la carretera muestra que el predominio va hacia la agricultura con una gran diversidad de siembra de productos agrícolas y la instalación de un gran número de invernaderos. Existe una baja concentración urbana.

| <b>Descripción</b> | <b>Frecuencia</b> | <b>%</b>   |
|--------------------|-------------------|------------|
| Agricultura        | 110               | 63.6       |
| Pasto              | 4                 | 2.3        |
| Aguacate           | 25                | 14.5       |
| Presas             | 5                 | 2.8        |
| Ríos               | 16                | 9.2        |
| Zona urbana        | 13                | 7.6        |
| <b>Total</b>       | <b>173</b>        | <b>100</b> |

**Fuente:** Reyes, Batista y Vásquez 2016

Los resultados de la tabla, permiten resumir que el principal uso del suelo se restringe a la Agricultura con un 63.6%, seguido de la producción de aguacate con 14.5%, que es un renglón representativo de la provincia.

#### **4.6.5. Cobertura de suelo**

Gran parte del territorio presenta una abundante cobertura de suelo que varía desde Bosque Latifoliado Nublado hasta Bosque seco. Hay un predominio de Pastos donde se identifica una ganadería extensiva intercalada con matorrales de diversos tipos latifoliados y secos.

La cobertura boscosa ha jugado un importante papel como protección contra la erosión.

| <b>Descripción</b>         | <b>Frecuencia</b> | <b>%</b>   |
|----------------------------|-------------------|------------|
| Bosque Latifoliado Nublado | 28                | 27.1       |
| Bosque Latifoliado Húmedo  | 1                 | 0.9        |
| Bosque Conífera Denso      | 3                 | 2.9        |
| Matorral Latifoliado       | 15                | 14.7       |
| Matorral Seco              | 1                 | 0.9        |
| Bosque Seco                | 9                 | 8.7        |
| Pasto                      | 46                | 44.8       |
| <b>Total</b>               | <b>103</b>        | <b>100</b> |

**Fuente:** Reyes, Batista y Vásquez 2016

En la tabla, se resalta la cobertura del suelo con pastos representada con un 44.8% Los deslizamientos, derrumbes, flujos, etc. Crean grandes impactos en la vida de los seres humanos, en su infraestructura y medios de vida. En el caso de los sistemas viales el principal impacto surge desde el instante en que se produce la interrupción en el flujo vial, donde se ven afectadas la economía, el hábitat y la posibilidad de solventar las necesidades de primer orden tales como, la alimentación, la vivienda, la salud, etc.

En el caso de la carretera el primer impacto que ocurre cada vez que se activan los movimientos de ladera son la interrupción de la vía interfiriendo en la comunicación de los pobladores con otros sitios, bloqueando la salida de los productos agrícolas hacia otros sitios, etc. A continuación en el cuadro se muestra los tipos de movimientos y los daños que pueden ocasionar:

**Cuadro: Distribución de los daños & tipos de movimientos**

| Tipo de movimientos                   | Daños                                                                       | Frecuencia | %          |
|---------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------|------------|------------|
| Coluviones                            | Pérdida de cultivos                                                         | 56         | 53.3       |
| Coluviones                            | Represamiento y Pérdida de cultivos                                         | 13         | 12.39      |
| Deslizamiento de Ladera por Gravedad  | Pérdida de cultivos                                                         | 7          | 6.66       |
| Deslizamiento de Ladera por Gravedad  | Obstrucción de la carretera, Pérdida económica y posibles pérdidas humanas  | 6          | 5.71       |
| Deslizamiento de Ladera por Reptación | Pérdida de cultivos                                                         | 5          | 4.76       |
| Deslizamiento de Ladera por Reptación | Represamiento y Pérdida de cultivos                                         | 5          | 4.76       |
| Deslizamientos                        | Pérdida de cultivos                                                         | 4          | 3.82       |
| Coluviones                            | Obstrucción de la carretera, Pérdidas económica y posibles pérdidas humanas | 4          | 3.81       |
| Deslizamiento de Ladera por Gravedad  | Represamiento y Pérdida de cultivos                                         | 2          | 1.90       |
| Glacis                                | Represamiento y Pérdida de cultivos                                         | 1          | 0.98       |
| Deslizamiento de Ladera por Reptación | Pérdida de la vegetación y modificación de la morfología                    | 1          | 0.96       |
| Deslizamiento de Ladera por Reptación | Obstrucción de la carretera, Pérdida económica y posibles pérdidas humanas  | 1          | 0.96       |
| Glacis                                | Represamiento y Pérdida de cultivos                                         | 1          | 0.98       |
| <b>Total</b>                          |                                                                             | <b>105</b> | <b>100</b> |

**Fuente:** Batista, Reyes y Vásquez 2016

Entre los diferentes tipos de movimientos que provocan daños vemos que:

- **Deslizamiento de Ladera por Gravedad:** pérdida de cultivos, obstrucción de la carretera, pérdidas económicas y posibles pérdidas humanas, represamiento, etc.
- **Deslizamiento de Ladera por Reptación:** originan pérdida de la vegetación y modificación de la morfología, represamiento y pérdida de cultivos, obstrucción de las carreteras y caminos vecinales, perdidas económicas y posibles pérdidas humanas.
- **Coluviones:** pérdida de cultivos, obstrucción de la carretera, perdidas económica y posibles pérdidas humanas, represamiento etc.
- **Glacis:** represamiento y pérdida de cultivos.
- **Deslizamientos:** pérdida de cultivos.
- **Flujo:** represamiento y pérdida de cultivos
- **Derrumbe:** obstrucción de la carretera, perdidas económicas y posibles pérdidas humanas.

#### **4.6.6. Actividades humanas**

Las principales actividades humanas identificadas a lo largo de la vía son: Agricultura, Ganadería y Urbanización.

En la carretera Piedra Blanca - Cruce de Ocoa la agricultura es una de las principales actividades humanas siguiendo de ganadería y urbanización.

## **CAPITULO V**

### **ANALISIS DE LOS RESULTADOS**

#### **5.1. Introducción**

El interés fundamental de este capítulo es analizar los resultados obtenidos en la investigación, enfocada en la evaluación de los procesos gravitacionales que afectan al sistema vial Carretera Piedra Blanca – Cruce de Ocoa, para dirigirlos al Ministerio de Obras Públicas (MOPC) con el fin de que se tomen en consideración los aspectos geológicos y los factores que afectan en todo el trayecto de la carretera, para que a la hora de la reconstrucción de la misma tengan noción de qué manera deben realizar el diseño de los taludes.

#### **5.2. Procesos gravitacionales**

Conforme a los resultados arrojados por el Catálogo elaborado se determinó que los movimientos de mayor ocurrencia son los coluviones debido al tipo de litología y estructura que son los principales factores para desencadenar los diferentes movimientos.

Cabe destacar que uno de los procesos gravitacionales que más ocurren son los coluviones, aunque no son los que mayores daños provocan. Ya que los flujos y los derrumbes son los que actualmente se están manifestando con mayores efectos en la carretera, siguiendo de los deslizamientos de laderas por gravedad y deslizamientos de laderas por reptación.

### **5.3. Litología**

Para dar respuesta a la pregunta de investigación sobre ¿Cuáles litologías son disparadora de procesos gravitacionales? se tuvieron en cuenta las características geológicas y geomorfológicas del área de estudio. En la evaluación de aspecto geológico se basó en el trabajo de campo y en el análisis de mapas.

En la carretera Piedra Blanca - Cruce de Ocoa las litologías disparadoras de los procesos gravitacionales son: arcillas, cantos y bloques estos están asociados a los deslizamientos de laderas por gravedad, deslizamientos de laderas por reptación, coluviones y para los deslizamientos están: lutitas, cantos y bloques.

Debido a que las arcillas al saturarse de agua se expanden provocándose así los deslizamientos, mientras cantos y bloques la escorrentía superficial contribuye para generarse los flujos.

En las litologías para la carretera Piedra Blanca – Cruce de Ocoa se destacó que las litologías de mayor manifestación son: Caliza arcillosa, Alternancia de arenisca, limolita y marga con olistolitos, caliza pelágica, tonalita foliada y no foliada. Cabe desatacar que estos tipos de litologías por su composición y permeabilidad alcanzan un alto grado de saturación del agua al punto de inestabilidad.

### **5.4. Taludes**

De acuerdo a los resultados obtenidos de la variable taludes en la carretera Piedra Blanca - Cruce de Ocoa, se tiene que:

Los resultados arrojaron que los flujos y los derrumbes presentan pendientes de mayor incidencia, Sin embargo la erosión juega un papel importante, ya que presenta el desgaste del suelo y las rocas combinadas con varios factores que afectan y desencadenan todos aquellos eventos que se observan a lo largo de los diferentes tramos de la carretera. Por otro lado en cuanto los ángulos de fricción mientras más grande es el grado mayor será el efecto. Analizar la susceptibilidad de los taludes a procesos gravitacionales

### **5.5. Tectónica**

De acuerdo a los resultados obtenidos de la variable tectónica en la carretera Piedra Blanca - Cruce de Ocoa, se tiene que:

- El alto nivel de la actividad tectónica en el área de la carretera se manifiesta a través de los escarpes y bloques que se movilizan desde el talud hasta la base del mismo en forma de conos o flujos de deyección cuando se trata de sedimentos finos arcillas y limos, hasta la caída de grandes bloques por rodamiento o por rebote, pues ya que se encuentran afectadas por los efectos de las estructuras de carácter tectónico como falla normal, falla inversa, falla con indicación de hundimiento, anticlinal, falla de cabalgamiento, anticlinal volcado también se presentan otras estructuras como: diaclasas y fisuras.
- Se puede considerar que el área directa de la carretera se ve sometida a cambios litológicos muy contrastados debido la complejidad de las formaciones volcánicas, volcanosedimentarias y terrígeno sedimentarias a la cual está expuesta. Los cambios desde el punto de vista tectono –

estructural juegan un importante papel en el diseño de las obras a construir pues en el área se observó un proceso activo y dinámico muy importante. Esto se puede evidenciar en los cambios que se están produciendo en las redes fluviales al desarrollarse las extensiones laterales de los ríos en varios tramos de su curso.

### **5.6. Inestabilidad de ladera**

Conforme a los resultados obtenidos se precisó que:

- La inestabilidad de laderas se produce por los movimientos del terreno que son influenciados por las características climatológicas de la zona, que deben ser consideradas como agentes que intervienen en la formación del relieve por su repercusión en los procesos geomorfológicos. Por otra parte los efectos del clima se derivan principalmente de la pluviometría y temperatura. Por lo que las precipitaciones, no sólo influye el volumen total anual, sino también la distribución estacional, el régimen y su intensidad.
- En cuanto a las actividades humanas la carretera Piedra Blanca - Cruce de Ocoa, la agricultura es una de las principales actividades humanas, ya que el producto de esta, se manifiestan en las deforestaciones produciéndose así las erosiones de los taludes generando como consecuencia los derrumbes.
- Siguiendo con la ganadería, la actividad ganadera esta influye en las aguas de los ríos que intersectan en el trascurso de la carretera, ya que los principales agentes contaminantes son los desechos animales, los

antibióticos y las hormonas, los productos químicos utilizados para teñir las pieles, los fertilizantes y pesticidas que se usan para fumigar los cultivos forrajeros o pasto ya que pueden verse afectadas las aguas cercanas, así como el terreno.

Sin embargo las formas de la superficie terrestre se pueden considerar como resultantes de un sistema evolutivo y, por tanto, en continuo cambio, a la escala de tiempo en la que se producen estos movimientos del terreno.

Considerando que los movimientos sísmicos son factores que aceleran y desencadenan grandes movimientos de masa como resultado de la generación de una serie de vibraciones que se asocian a un incremento de la aceleración vertical y horizontal.

## CONCLUSIONES

Después de analizar los datos obtenidos en la presente investigación titulada: Patrón de Evaluación de Procesos Gravitacionales en Sistemas Viales Caso Carretera Piedra Blanca Ocoa, se ha llegado las siguientes conclusiones.

- Rocas ígnea presentan un alto predominio localizándose las Tonalitas foliadas que contactan con las rocas del Complejo Duarte repitiéndose en formas de bandas en dirección NO – SE.
- Aproximadamente el 30% de la trayectoria de la vía se realiza por encima del Batolito Gabros y Gabro – noritas La Yautía que tiene una amplia representación. Están meteorizados generando una abundante cantidad de arcillas, arenas y limos.
- Desde el contacto con el Batolito La Yautía se observa de manera reiterada la aparición de las Tonalitas no foliadas siguiendo el mismo sistema en dirección NO – SE.
- El flujo de agua es un factor decisivo en esta carretera considerando las condiciones climáticas de alta precipitación., ya que el agua activa el proceso de erosión - sedimentación trasladando los sedimentos hacia el pie del talud.
- La tectónica se manifiesta a través de un sistema de fallas en dirección subparalelas NO – SE marcada por el Cabalgamiento de la Yautía, A la vez se encuentra fuertemente influenciada por la Zona de Falla San José de Ocoa – Restauración.
- Hay presencia de secuencias sedimentarias representadas por areniscas, margas calizas y facies turbidíticas generadoras de relieves en slump o flujos.

- Los depósitos cuaternarios están representados por coluviones, conos aluviales, las llanuras de inundación, las terrazas bajas, medias y altas de los ríos Nizao y Ocoa.
- Se puede considerar que el área directa de la carretera se verá sometida a cambios litológicos muy contrastados debido la complejidad de las formaciones volcánicas, volcanosedimentarias y terrígeno sedimentarias a la cual estará expuesta.
- Los cambios desde el punto de vista tectono – estructural jugarán un importante papel en el diseño de las obras a construir pues en el área se observa un proceso activo y dinámico muy importante. Esto se puede evidenciar en los cambios que se están produciendo en las redes fluviales al desarrollarse las extensiones laterales de los ríos en varios tramos de su curso. Ejemplo el río Maimón.

Desde el punto de vista geomorfológico la carretera está emplaza entre dos dominios:

- El Ambiente fluvial correspondiente a las cuencas de los ríos Maimón, Nizao con la Subcuenca del Banilejo y Ocoa.
- El Ambiente de la Cordillera Central, distribuidas desde la altura de Bonao (Macizo Central) hasta el flanco sur a la altura del Cruce de Ocoa.
- El drenaje muestra un predominio del estilo subparalelo por todo el territorio que atraviesa la carretera.

## **RECOMENDACIONES**

Una vez vista y comprobada la información geólogo – tectónica se recomienda:

- Se debe hacer una revisión de las obras de mitigación en la vía que actualmente se encuentran colapsada y analizar porque fallaron.
- Desarrollar un manejo de las obras de mitigación ajustada lo más posible al tipo de movimiento que ocurre.
- Dar mantenimiento a los cobertores geosintéticos que se manejan para controlar los flujos, pues en muchos casos no son funcionales al extremo que se sueltan del talud.
- Hacer énfasis en los mantenimientos de las alcantarillas y drenajes instalados en los taludes.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Almaguer (2005). "Evaluación De La Susceptibilidad Del Terreno A La Rotura Por Desarrollo De Deslizamientos En El Yacimiento Punta Gorda". Revista Minería y Geología.no.2:1-45.
- Alonzo Belén y Ercilla (2000). "Valles Submarinos y Sistemas Turbidíticos Moderno", Barcelona.
- Barredo, S. (2005). Guía Sedimentaria. Argentina
- Belen, Ercilla (2000). Valles submarinos y sistemas turbidíticos modernos. Barcelona. CSIC - CSIC Press
- Bermúdez Ardila F. (2007). "El fin del fin". Colombia.
- Blázquez, L. (1994). "Cambios en la estructura de la traza vial de la ciudad de México", México, 184-227 p.
- Bowin, C. (1960): Geology of central Dominican Republic. Ph. D. Thesis, Princeton University. Princeton, New Jersey, 211 p.
- Casas F., Raquel (2012). "El suelo de cultivo y las condiciones climáticas", España: Editorial Paraninfo
- Castañón, P. (2011). "Cálculo del Factor de Erosión de la lluvia en las estaciones Papaloapan y Cd. Alemán de la cuenca de Papaloapan". Tesis de Grado, Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional Autónoma de México, México.
- Castillo, J., Rodríguez A. (2006). "Departamento de Física, Universidad Nacional de Colombia." Bogotá-Colombia.
- Crespo Villalaz C. (2004). "Mecánica de suelos y cimentaciones", 5ta, ed., México: Limusa.
- Cruden (1991). Mecanismos asociados a la inestabilidad de ladera: Factores que condicionan y desencadenan los deslizamientos. Veracruz, México.
- Cuanalo O. (2005). "Inestabilidad de laderas Sierras Norte y Nororiental del estado de Puebla". [http://www.elementos.buap.mx/ num47/pdf/51.pdf](http://www.elementos.buap.mx/num47/pdf/51.pdf). Universidad Autónoma de Puebla.

- Cuanalo, O. (2005). “Factores condicionantes y desencadenantes de los deslizamientos de laderas en las Sierras Norte y Nororiental de Puebla, México”. Memorias del VI Simposio Nacional sobre taludes y laderas inestables. Valencia, España. Vol. 2 705-715
- Delgado, Benítez y Barrientos, (2010). “Prácticas de GEOLOGÍA Mapas Geológicos y Problemas”, Madrid.
- Dolan, J.F. (1988): Paleogene sedimentary basin development in the eastern Greater Antilles; Three studies in active-margin sedimentology. Ph.D. Thesis, University of California, Santa Cruz, 235 P.
- Dolan, J.F. (1991): Sedimentologic, stratigraphic, and tectonic synthesis of Eocene-Miocene sedimentary basins, Hispaniola and Puerto Rico. En: Geologic and tectonic development of the North America-Caribbean plate boundary in Hispaniola (MANN, P., DRAPER, G. y LEWIS, J.F., Eds.), Geological Society of America Special Paper, 262 P.
- F. de Matteis (2003). Geología y Geotecnia – Estabilidad de Taludes. Facultad de Cs. Exactas, Ingeniería y Agrimensura, Universidad Nacional de Rosario, Argentina.
- Felícísimo (s.f.). “Descripción y análisis del relieve” Recuperado de [http://www6.uniovi.es/~feli/CursoMDT/Tema\\_4.pdf](http://www6.uniovi.es/~feli/CursoMDT/Tema_4.pdf)
- Fidias G. Arias (2006), El proyecto de Investigación, introducción a la metodología científica, 5ta edición, editorial EPISTEME, caracas Venezuela
- Giner Robles, (s.f.). “Riesgo Sísmico”, Madrid.
- Grajales, T. (2000). Tipos de investigación. Recuperado septiembre 14 del 2008, de <http://tgrajales.net/investipos.pdf>
- Granados (2006). Estabilización del Talud de la Costa Verde en la zona del Distrito de Barranco. Tesis de Grado, Facultad de Ciencias e Ingeniería, Pontificia Universidad Católica del Perú, Perú.
- Guayas (2005). Modelización del fallo por estabilidad de talud aguas debajo de la presa Lejible. La Habana – Cuba.
- Herrera (2013). Modelo para la estabilización de taludes en la carretera Tarma – la merced. Lima, Perú.

- Hernández, (2006). Metodología de la Investigación. México.
- Hoja Geológica de San José de Ocoa (6071-I), Santo Domingo R.D., enero 2000
- Instituto Nacional de Ecología (2010). “Propuesta para la generación semiautomatizada de unidades de paisajes”. México.
- Investigación Cuantitativa, 3ra edición, editorial: FEDEUPEL, caracas, Venezuela.
- Iriondo Martin, (2007).”Introducción a la Geología”, Argentina: Editorial Brujas.
- Iturralde, (2013). “Protege a tu familia de derrumbe y deslizamientos”, Cuba.
- Kerguelen, A. (2009). “Análisis Probabilístico de Estabilidad de Taludes”. Tesis de Maestría, Facultad de Ingeniería, Universidad de los Andes, Colombia.
- Londoño, (2009). “Protocolo Para Remoción en Masa, Prevención y Atención de Desastre Naturales e Incendios Forestales”, Colombia.
- Mann, P., Draper, G. y Lewis, J.F. (1991b): An overview of the geologic and tectonic development of Hispaniola. En: Geologic and tectonic development of the North America-Caribbean plate boundary in Hispaniola (MANN, P., DRAPER, G. y LEWIS, J.F., Eds.), Geological Society of America Special Paper, 262 p.
- Martínez (1998). Litología, aprovechamiento de rocas industriales y riesgo de deslizamiento en la comunidad Valenciana.
- Matteis, A. F. (2003). Estabilidad de Taludes. México.
- Mercier de lepinay, B. (1987): L’évolution géologique de la bordure Nord-Caraïbe: L’exemple de la transversale de l’île d’Hispaniola (Grandes Antilles). These de doctorat, Université Pierre et Marie Curie, 378 p. (Inédito).
- Montoya (2009). Estabilidad de Taludes. Ginebra.
- Mourelle (2009). Técnicas Hidrotermales. España. Editoriales Paraninfo.
- Pardo, G. (1975): Geology of Cuba. En: The Ocean Basins and Margins, (NAIRM y STELHI Eds.) A.E.M. Vol. 3.
- Palella, Martins (2010). Metodología de Investigación Cuantitativa, 3ra edición, editorial: FEDEUPEL, caracas, Venezuela.
- Pérez (2007). “Comercio internacional y medio ambiente en Colombia: mirada desde la economía ecológica”, Colombia. Universidad ``Del Valle.

- Pindell, J.L. y Barret, S.F. (1991): Geology of the Caribbean region: a plate tectonic perspective. En: The Geology of North America, Volumen H, The Caribbean region (DENG, G. y CASE, J.E., Eds.). Geological Society of America. Boulder, Colorado, 404-432.
- Recorrido Geológico: Geología Estructural, Estrías recuperado de <http://www.geovirtual2.cl/Museovirtual/053a01geo.htm>
- Rico (2005). La ingeniería de Suelos en las Vías Terrestres: Carreteras, ferrocarriles y aeropistas. Volumen 1. Ediciones Limusa. México. 456 p.
- Rico (2006). “Ingeniería de suelos en las vías terrestres: carreteras, ferrocarriles y aeropistas”, México. Limusa
- Robles (2014). Geología. Madrid – España. Editoras Paraninfo, S. A.
- Rodríguez, Castillo (2006). Ingeniería de suelos en las vías terrestres: carreteras, ferrocarriles y aeropistas. México. Lumisa
- Sánchez, D. (2007) Remoción en masa en el Cerro de Coatepec, Estado de México. Tesis de Licenciatura, Departamento de Geografía, Universidad Autónoma del Estado de México. México
- Santa Palella Stracuzzi y Feliberto Martins Pestana (2010) Metodología De
- Silva, (s.f). “Rocas Sedimentarias” Recuperado de <http://introgeo.gl.fcen.uba.ar/Introduccion/Tprocasyestrucsedim/TProcyestrucsediment.PDF>
- SYSMIN (1999): “Hojas Geológicas a escala 1:50.000 que componen los cuadrantes a escala 1:100.000 de Azua”. Dirección General de Minería.
- SYSMIN II (2010). Mapa geomorfológico y de procesos activos susceptibles de construir riesgo geológico de la Republica Dominicana, Azua 6071”. Santo Domingo.
- SYSMIN II, (2000).”Memoria geológica San Jose de Ocoa 6071- I”, Santo Domingo.

- Tarbutck y Lutgens, (2005). “Ciencias de la tierra: una introducción a la geología física”, 8ª ed., España: Pearson Educación.
- Terzaghi K. (1946), “Rock Defects and Loads on Tunnel Supports”, R.V. Proctor y T.L. White, Rock Tunneling with Steel Supports, Youngtown, Ohio, Commercial Shearing and Stamping Co.
- Vargas Valencia, Ramírez Velásquez y Pérez Walton (2010). “Física mecánica conceptos básicos y problemas”. Colombia.
- Vespucchi, P. (1986): Petrology and geochemistry of the Late Cenozoic volcanic rocks of the Dominican Republic. Ph.D. Thesis, George Washington University, Washington D. C., 223 P.

## **ANEXOS**

**Figura 1.** Ubicación del área de estudio



**Figura 2. Mapa Geológico del tramo I: Piedra Blanca – Juan Aldrián**

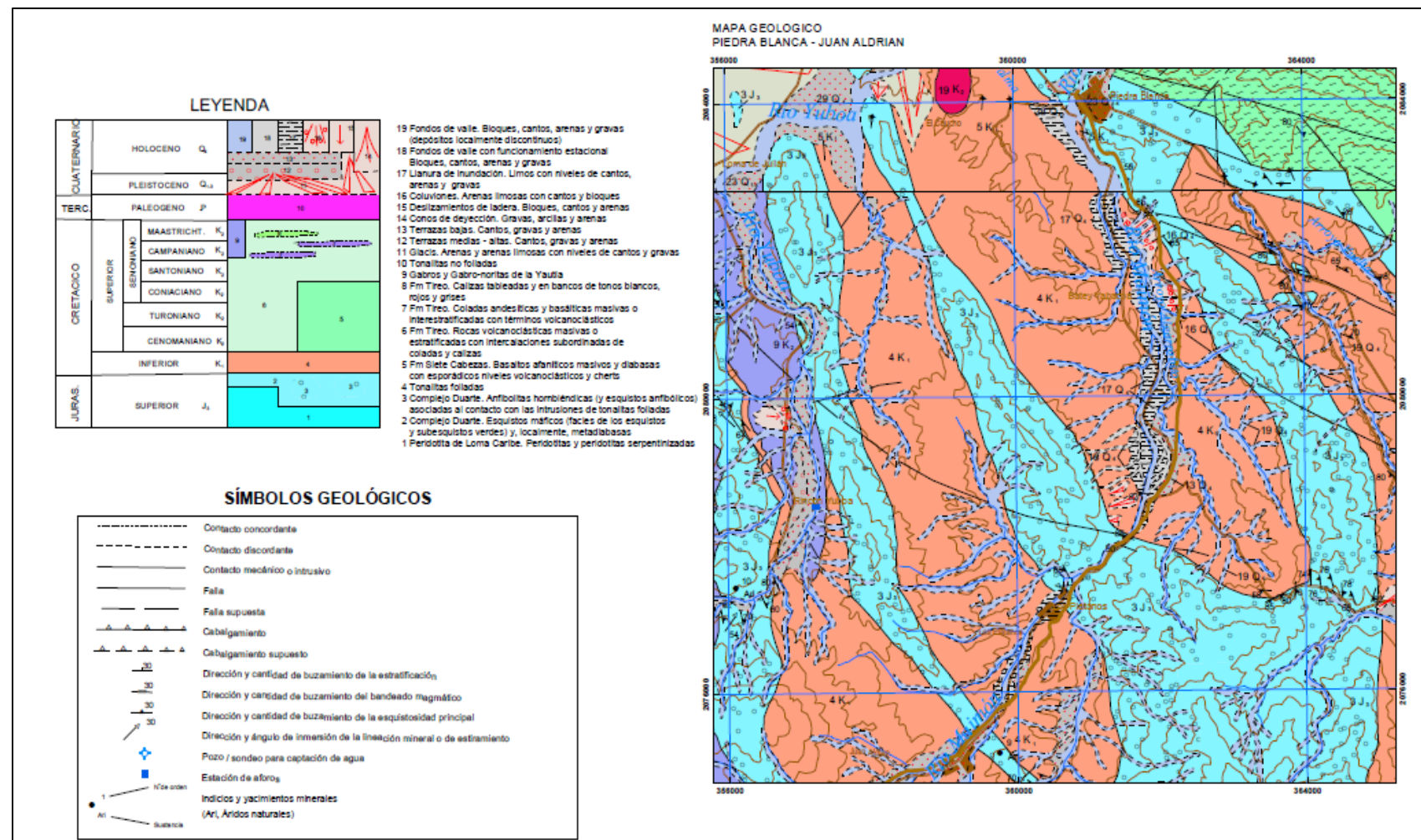


**Figura 2a. Mapa Geológico del tramo II: Juan Aldrián – Rancho Arriba**

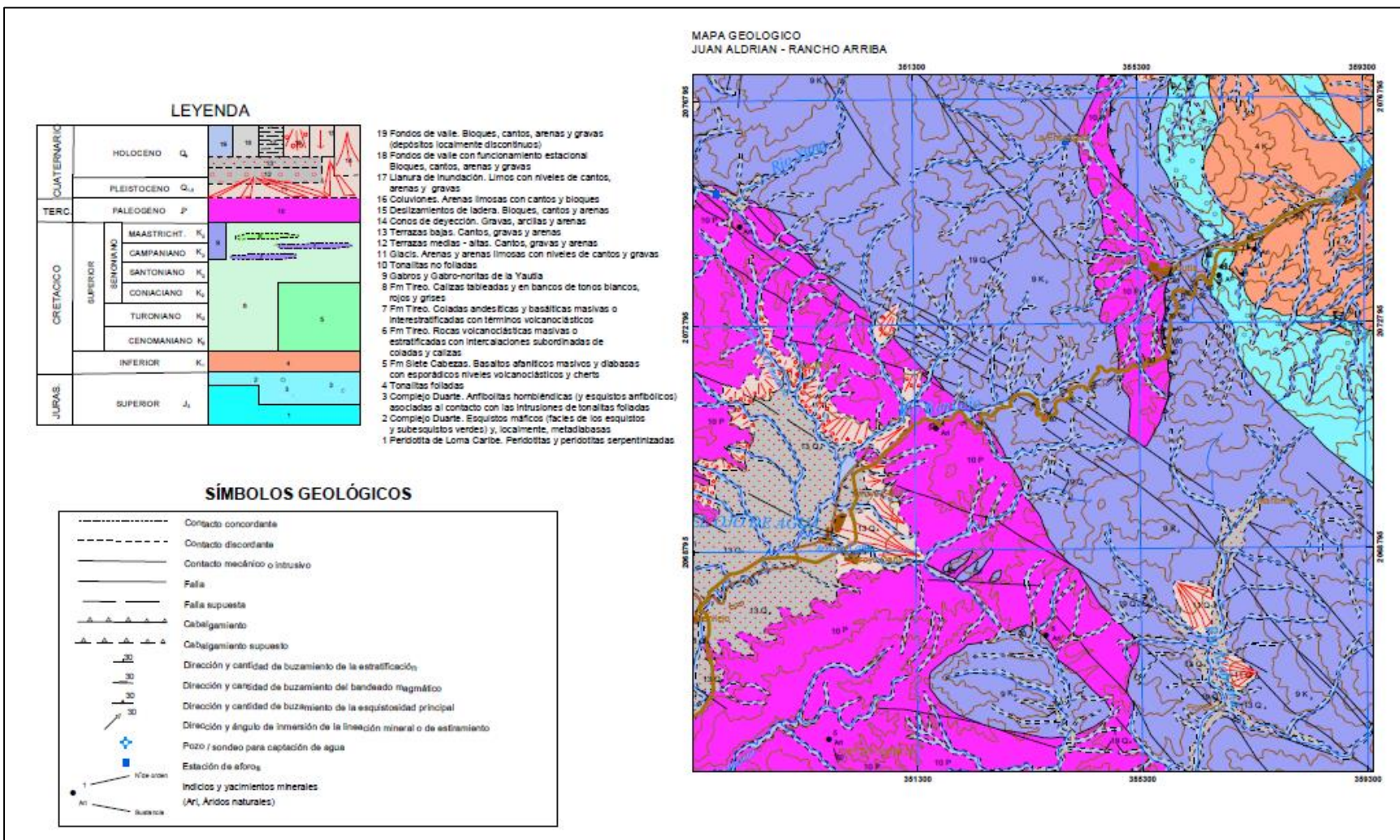


Figura 2b. Mapa Geológico del tramo III: Rancho Arriba - Nizao

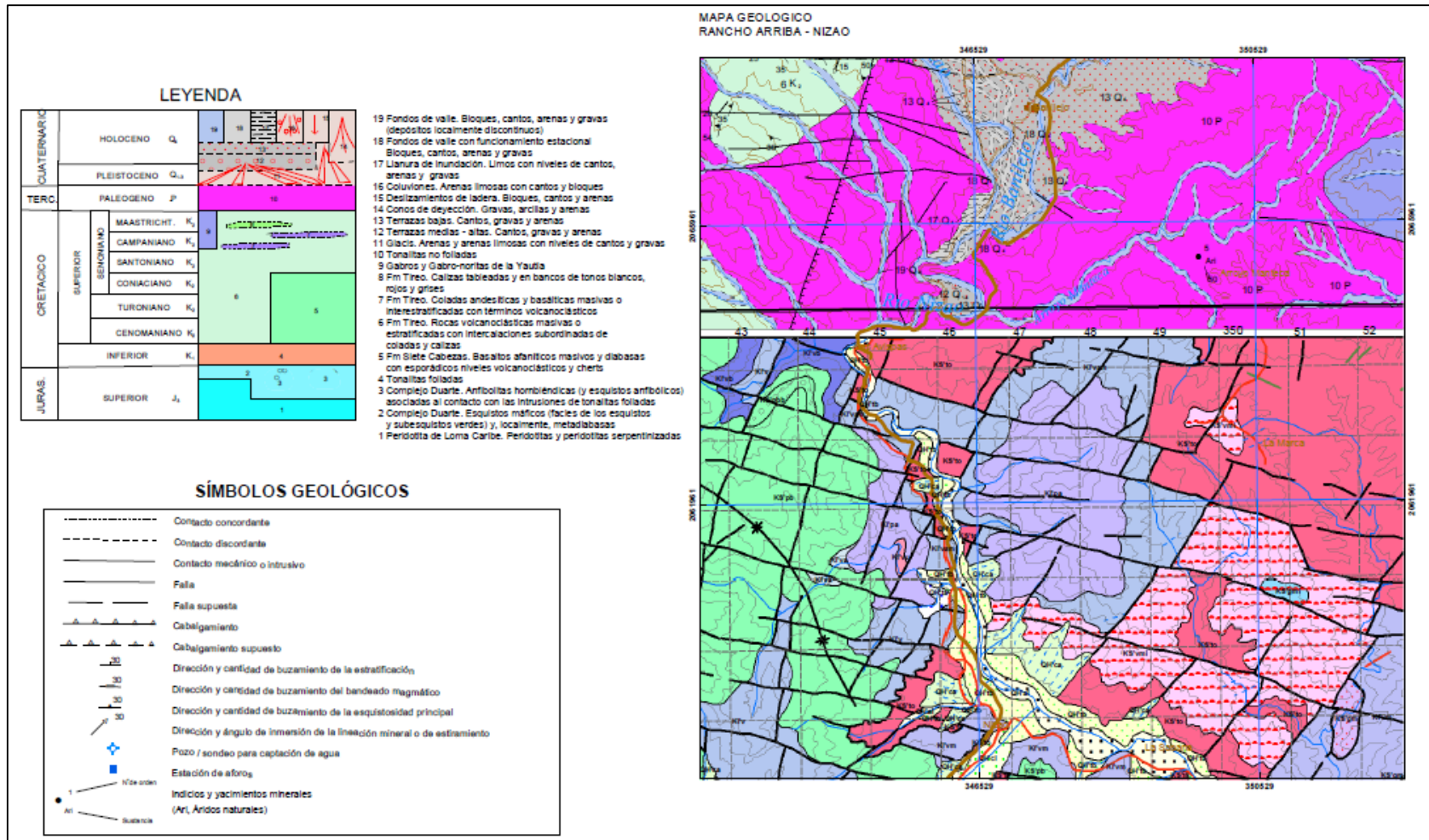


**Figura 2c. Mapa Geológico del tramo IV: Nizao – Sabana Larga – San José de Ocoa y Los Ranchitos**

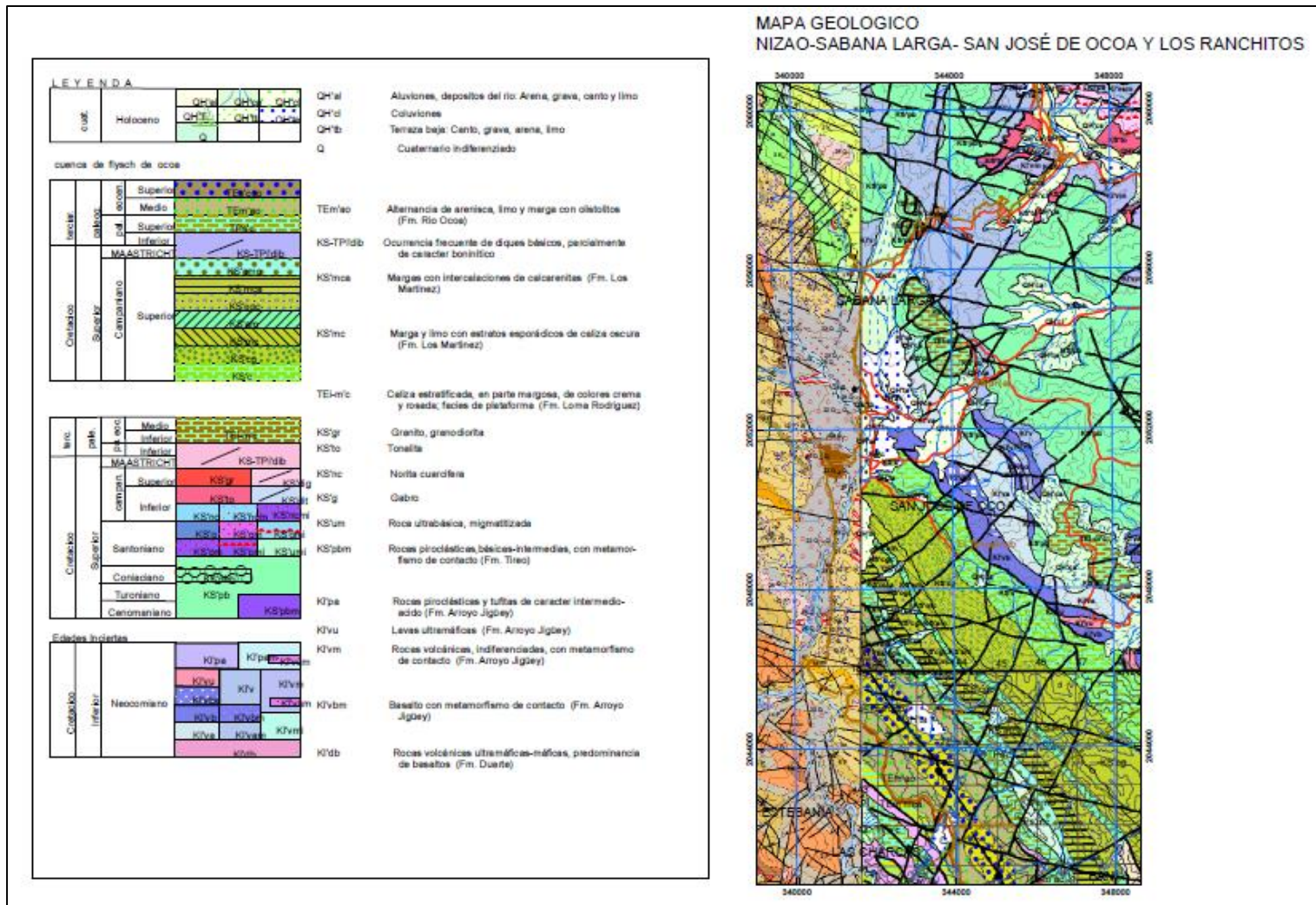


**Figura 2d. Mapa Geológico del tramo V: Los Ranchitos y Cruce de Ocoa**

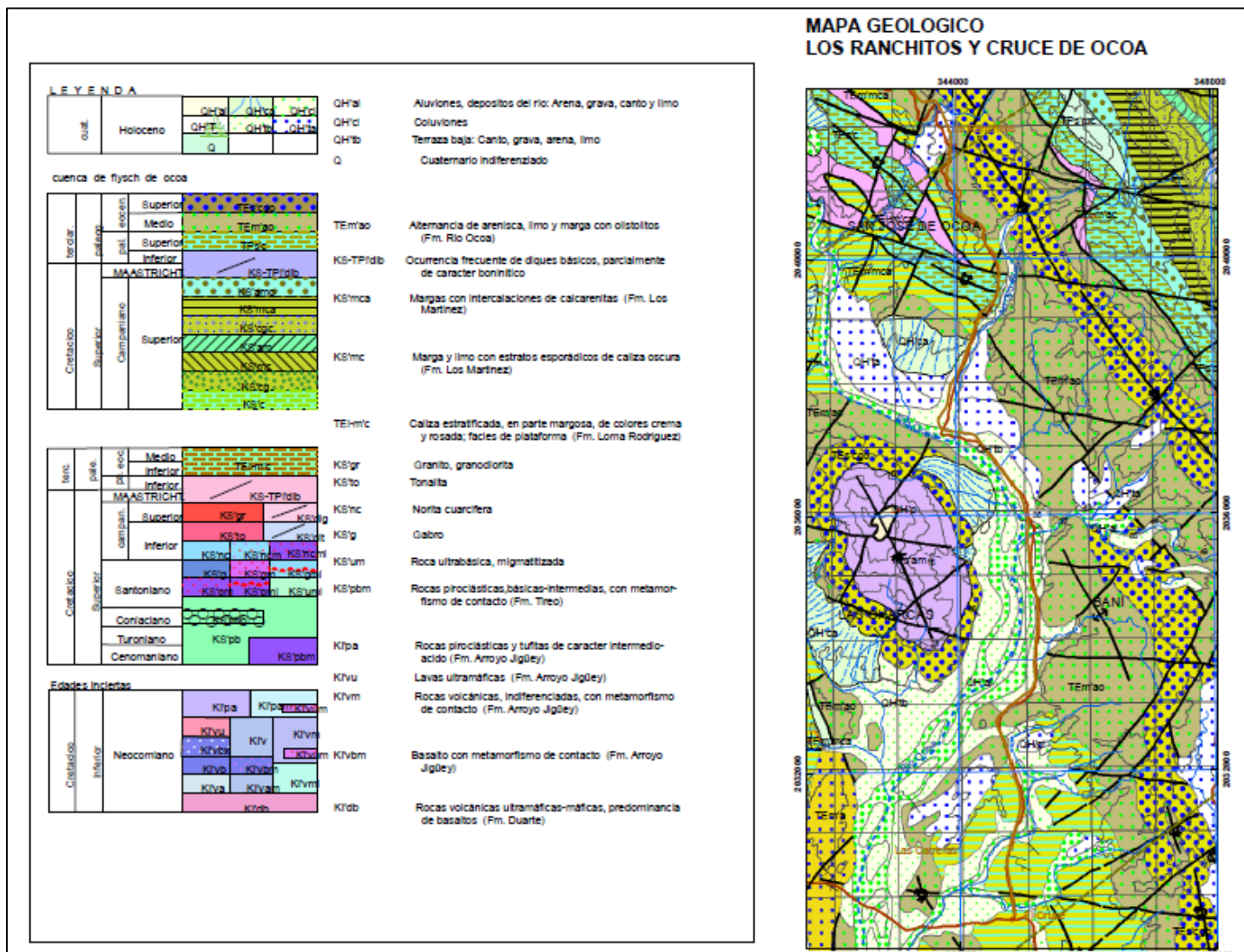


**Figura 3. Mapa geomorfológico del tramo I: Piedra Blanca – Juan Aldrián**

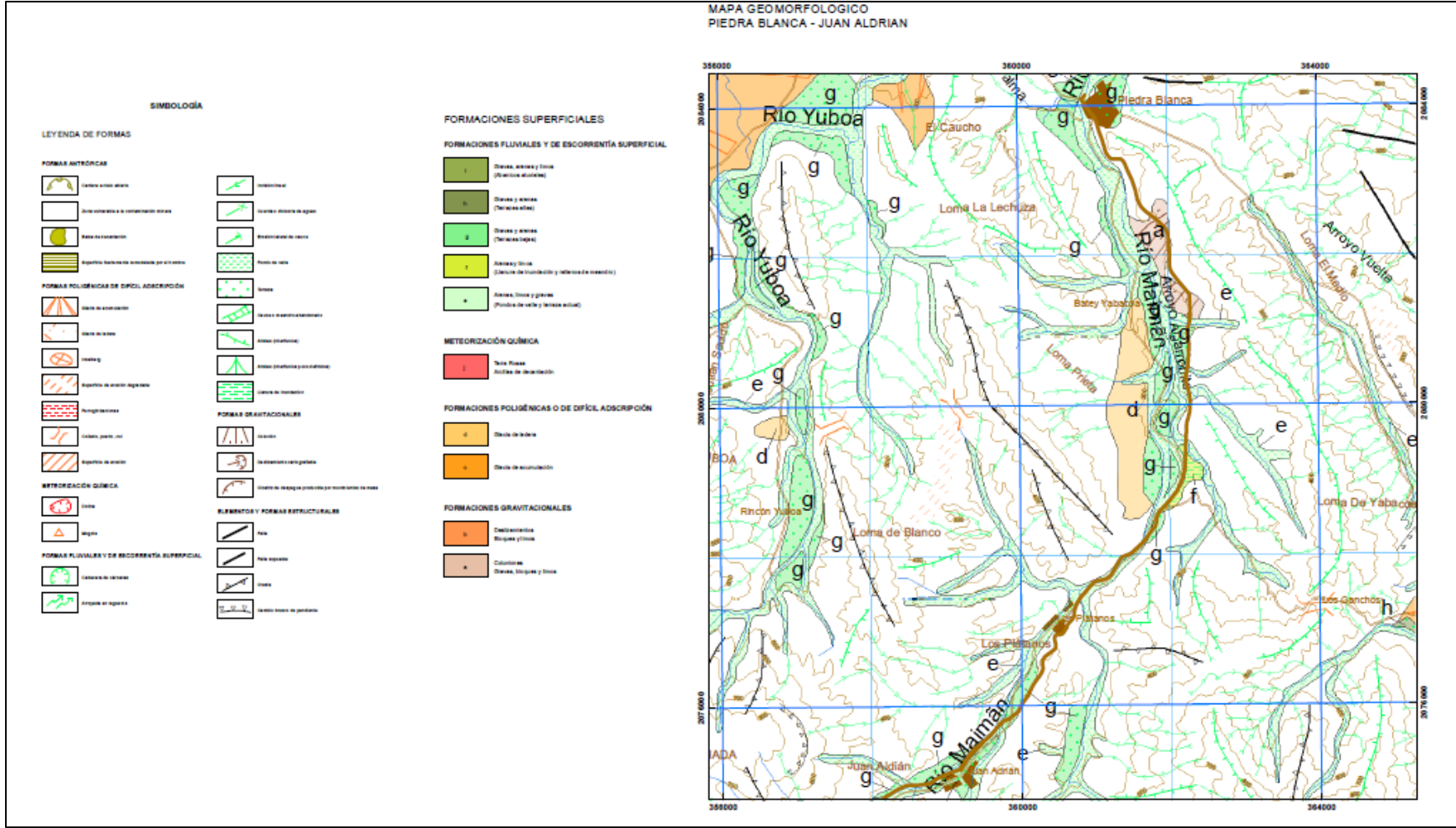


**Figura 3a. Mapa geomorfológico del tramo II: Juan Aldrián – Rancho Arriba**

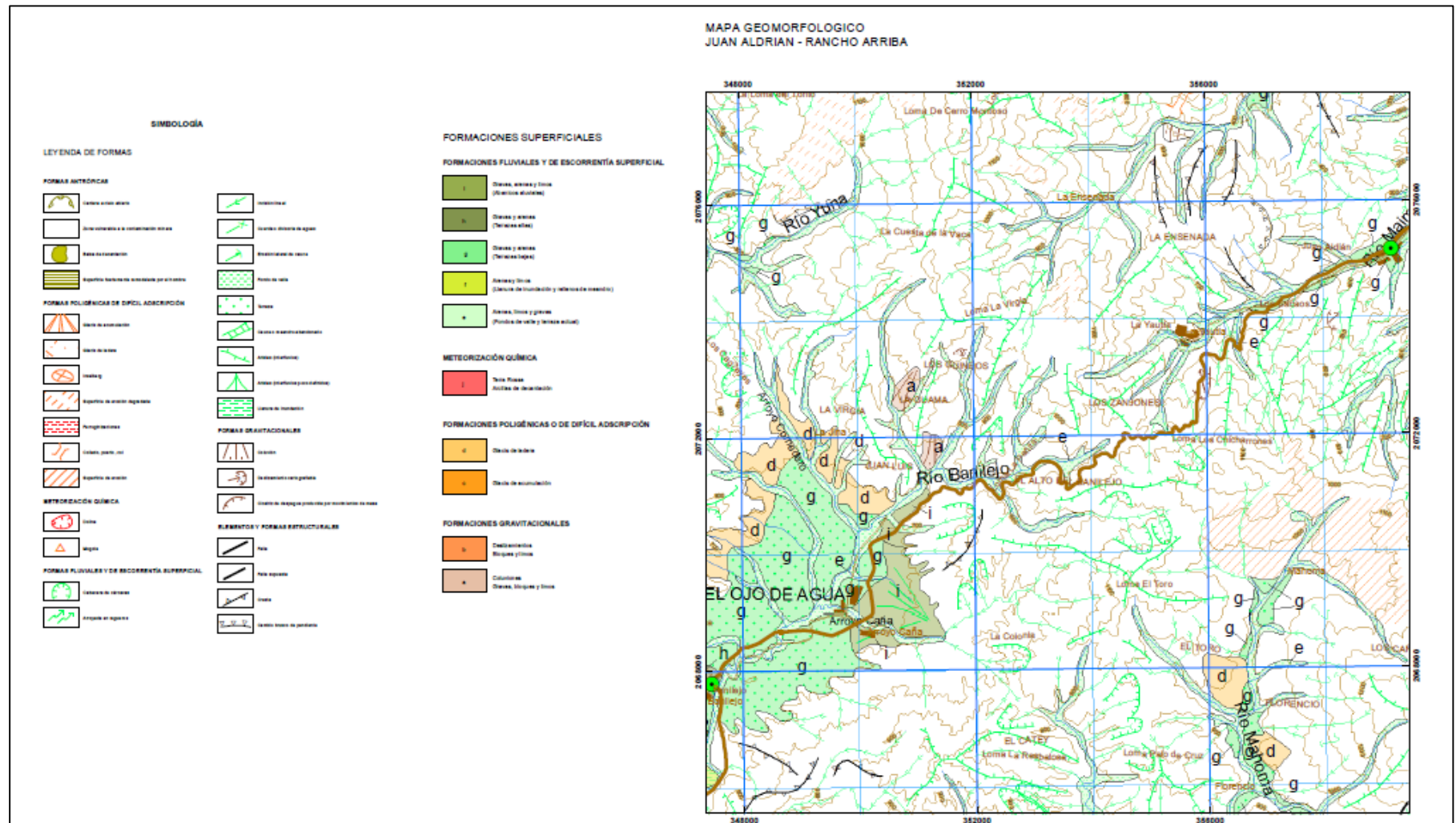


**Figura 3b. Mapa geomorfológico del tramo III: Rancho Arriba – Nizao**

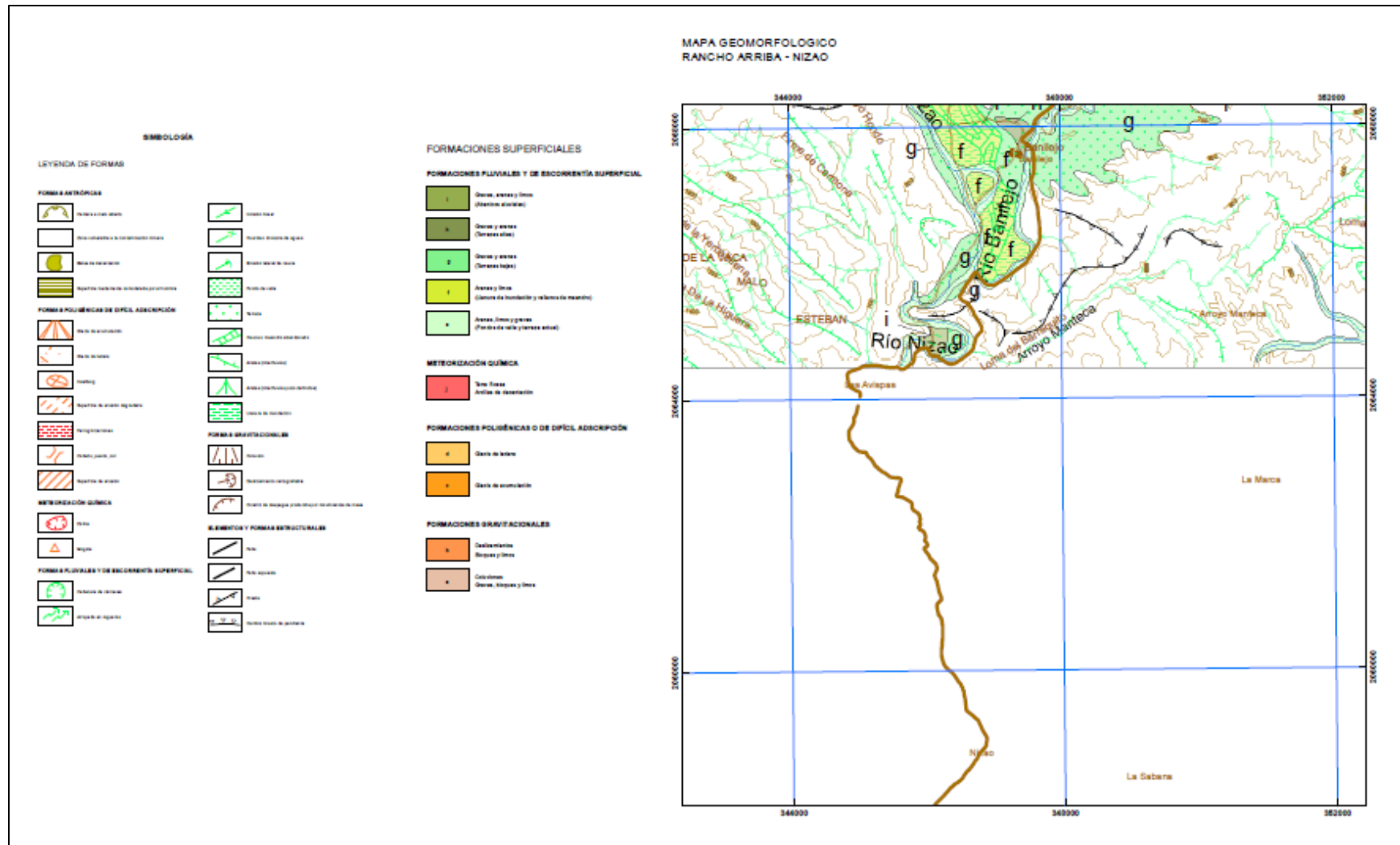


**Figura 4. Mapa de Pendiente tramo I: Piedra Blanca – Juan Aldrián**

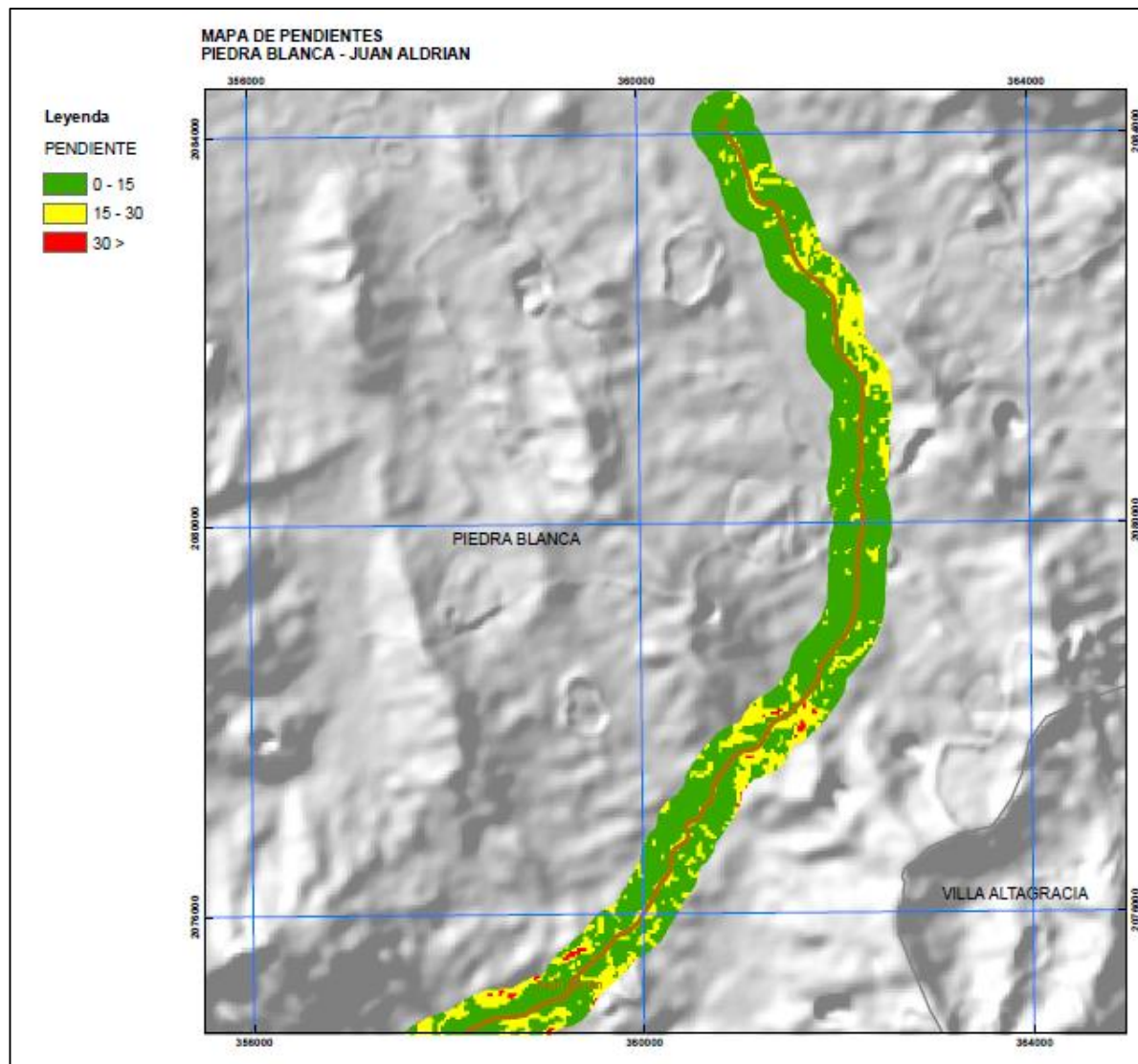


Figura 4a. Mapa de Pendiente tramo II: Juan Aldrián – Rancho Arriba

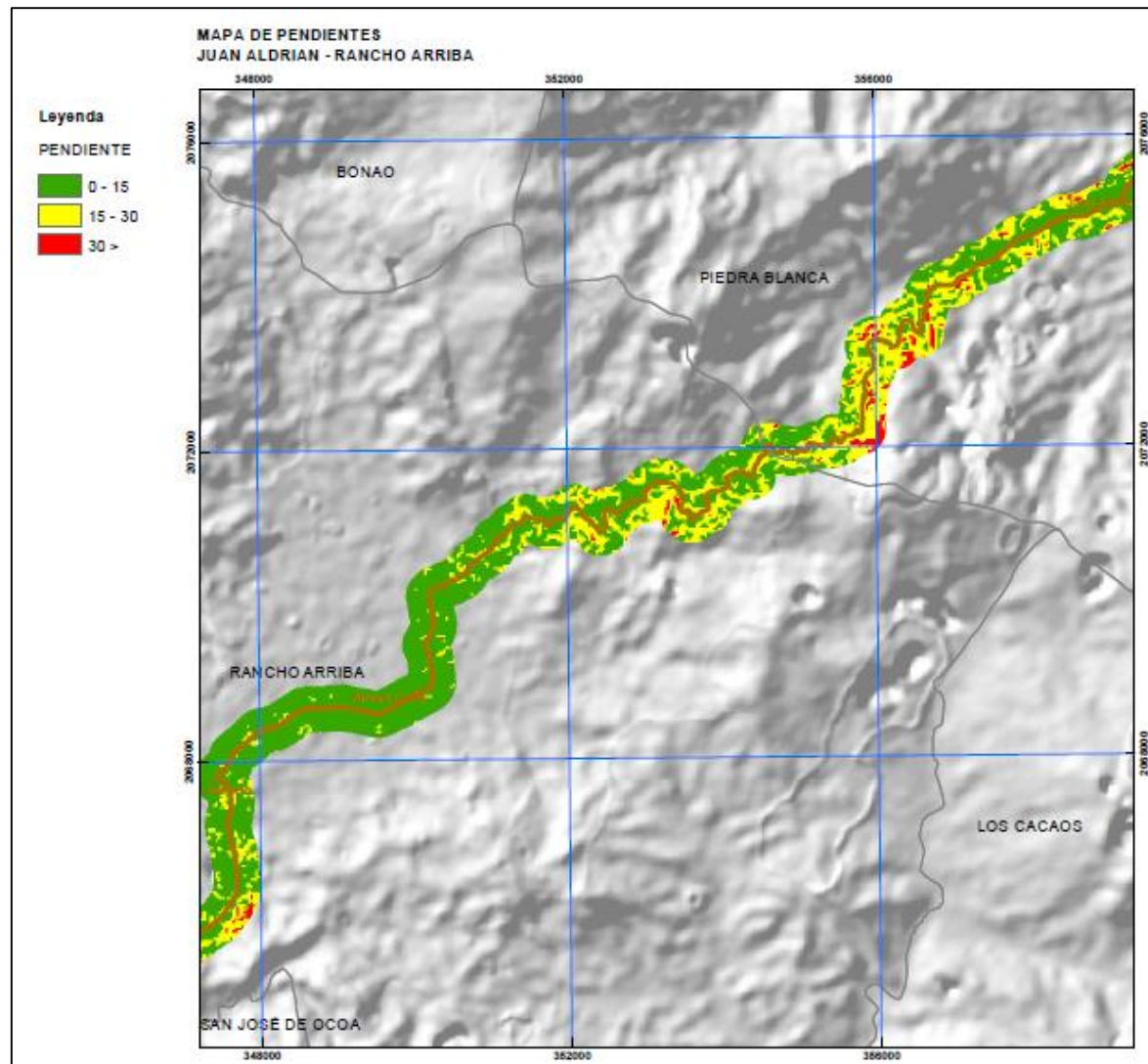


Figura 4b. Mapa de Pendiente tramo III: Rancho Arriba – Nizao

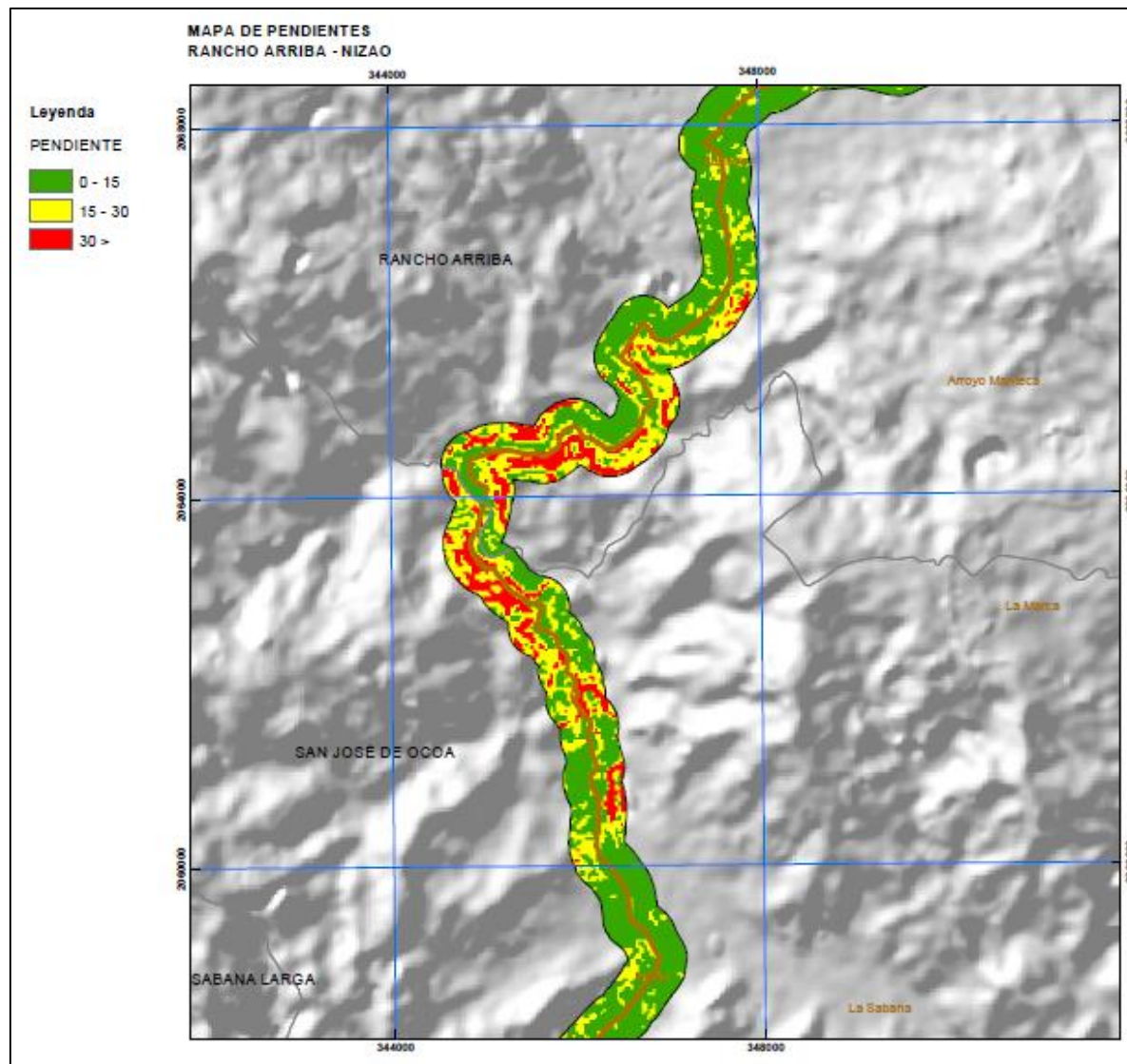


**Figura 4c. Mapa de Pendiente tramo IV: Nizao – Sabana Larga – San José de Ocoa y Los Ranchitos**

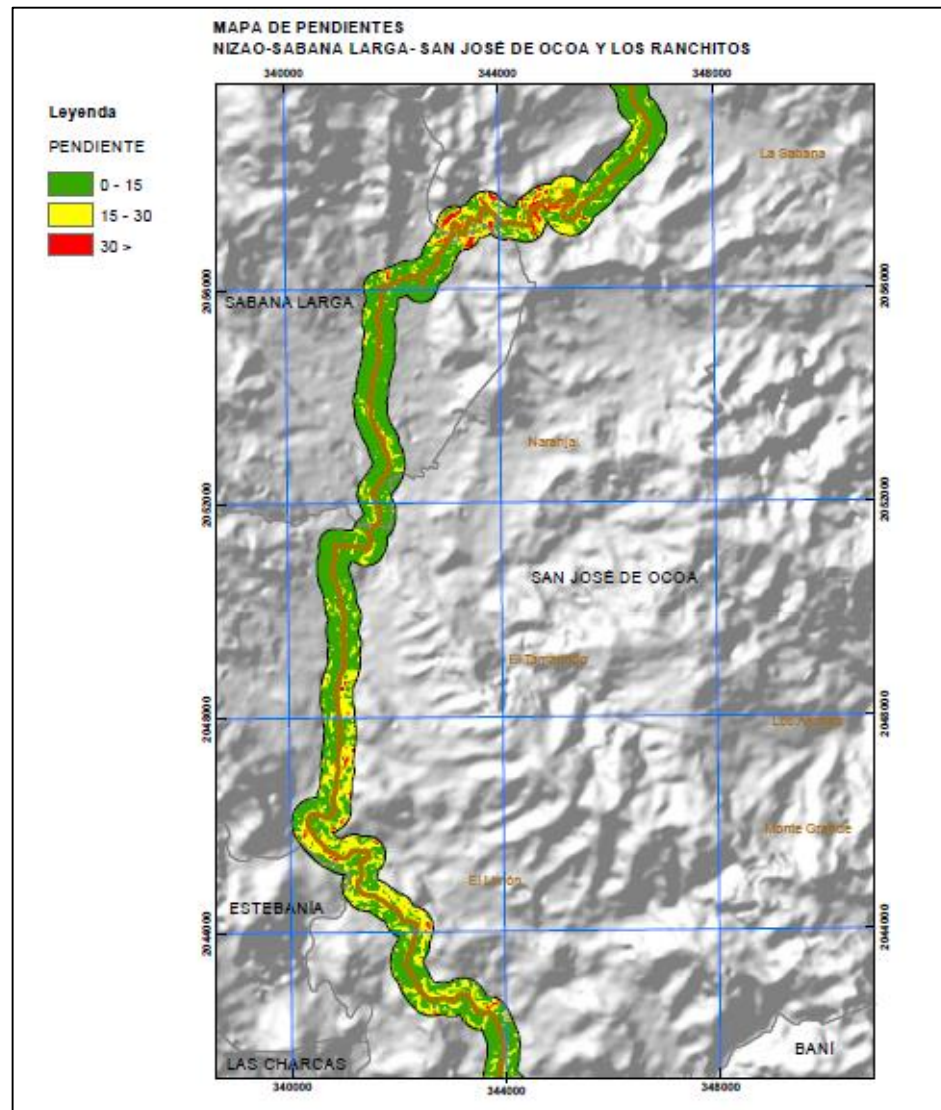


**Figura 4e. Mapa de Pendiente tramo V: Los Ranchitos – Cruce de Ocoa**

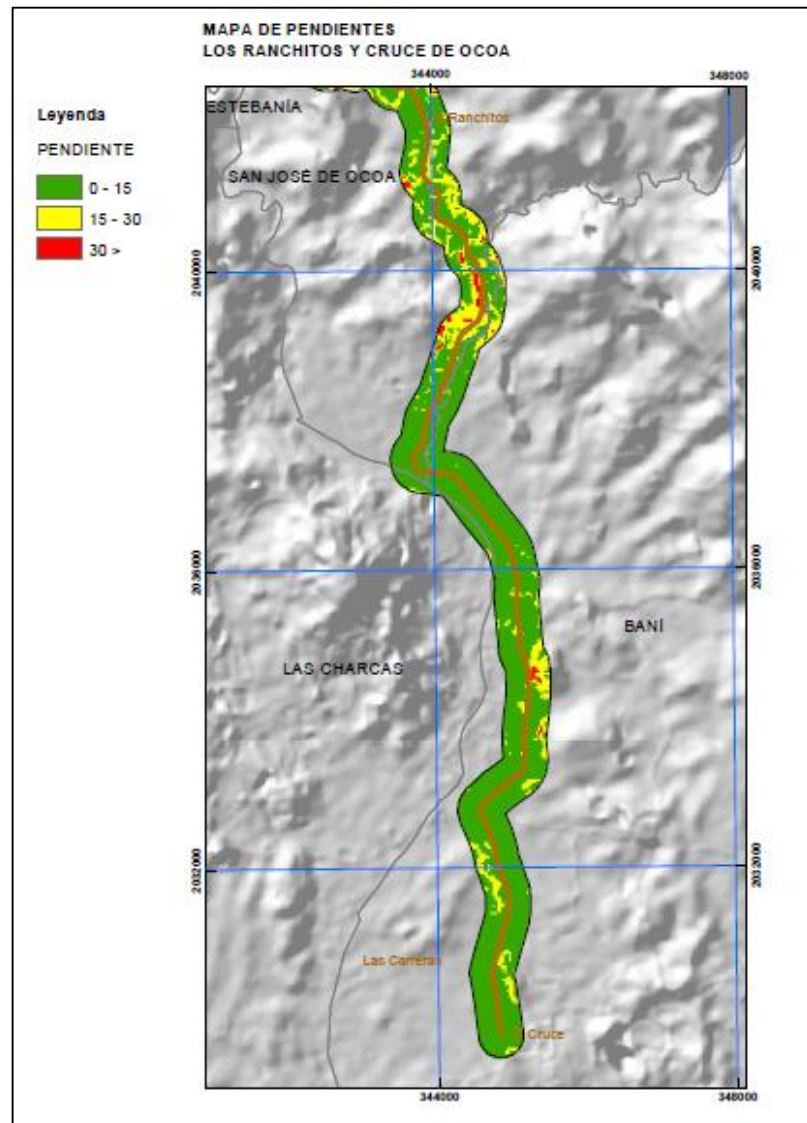


**Figura 5. Mapa de Uso de Suelo tramo I: Piedra Blanca – Juan Aldrián**

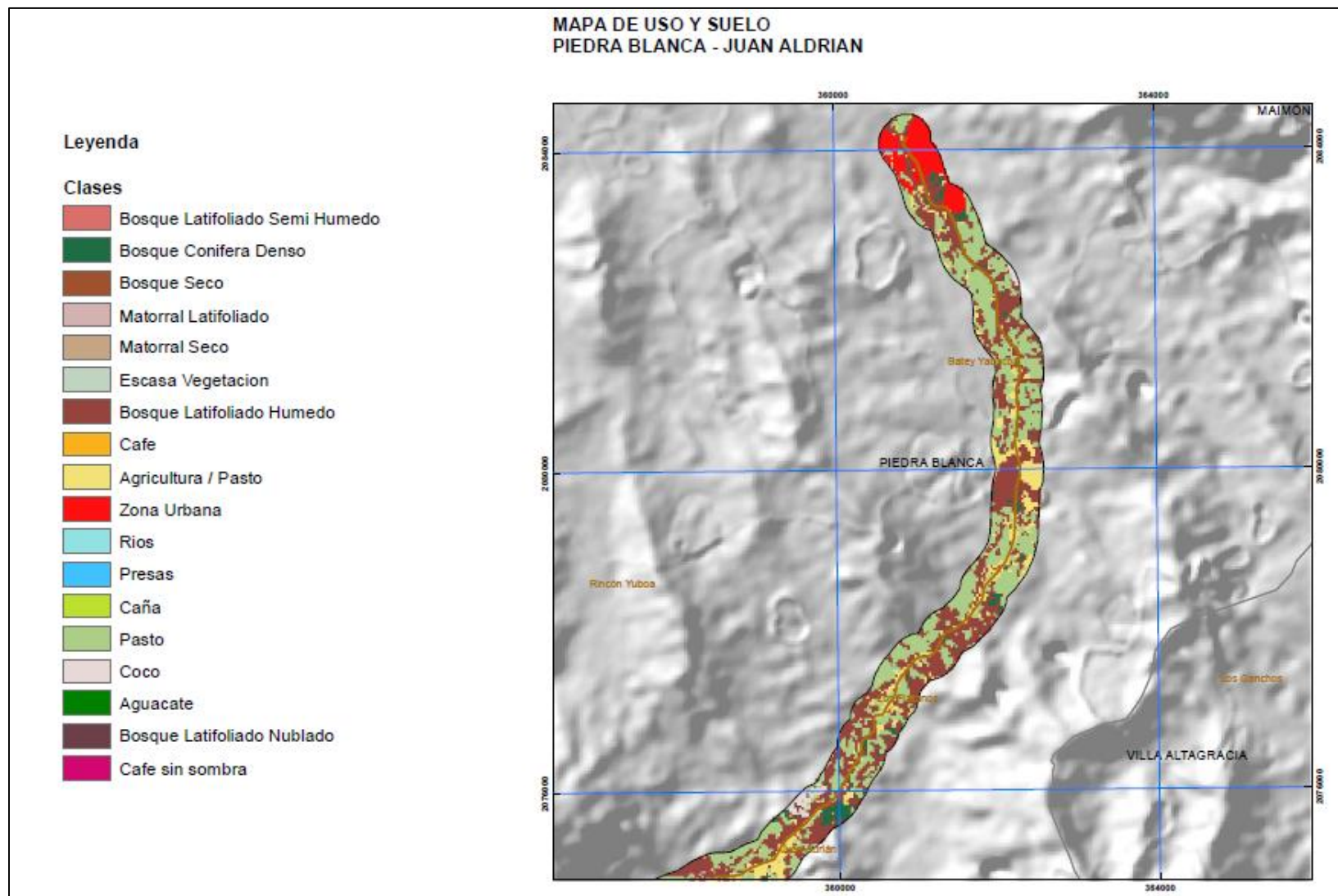


Figura 5a. Mapa de Uso de Suelo tramo II: Juan Aldrián – Rancho Arriba

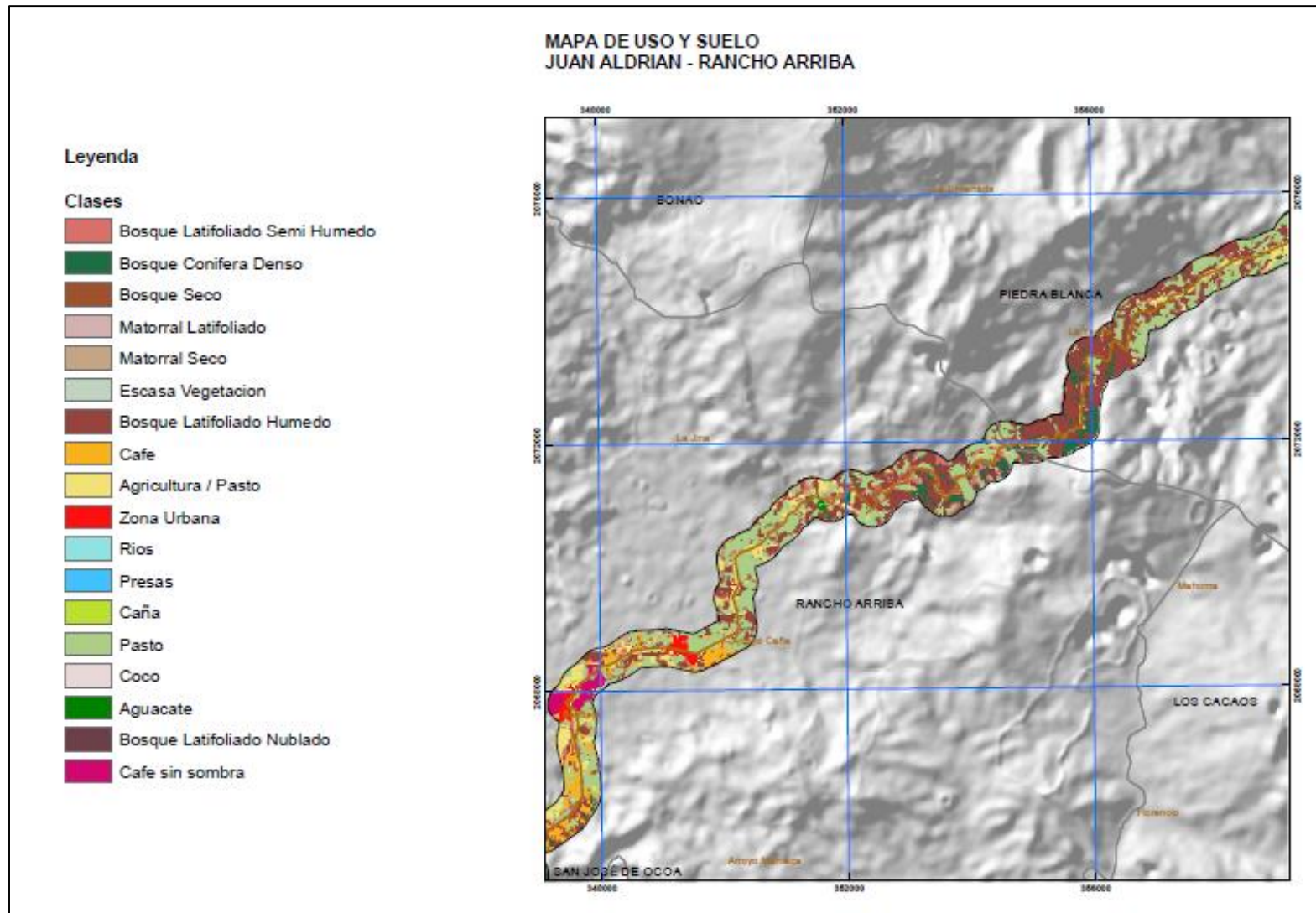


**Figura 5b. Mapa de Uso de Suelo tramo III: Rancho Arriba – Nizao**

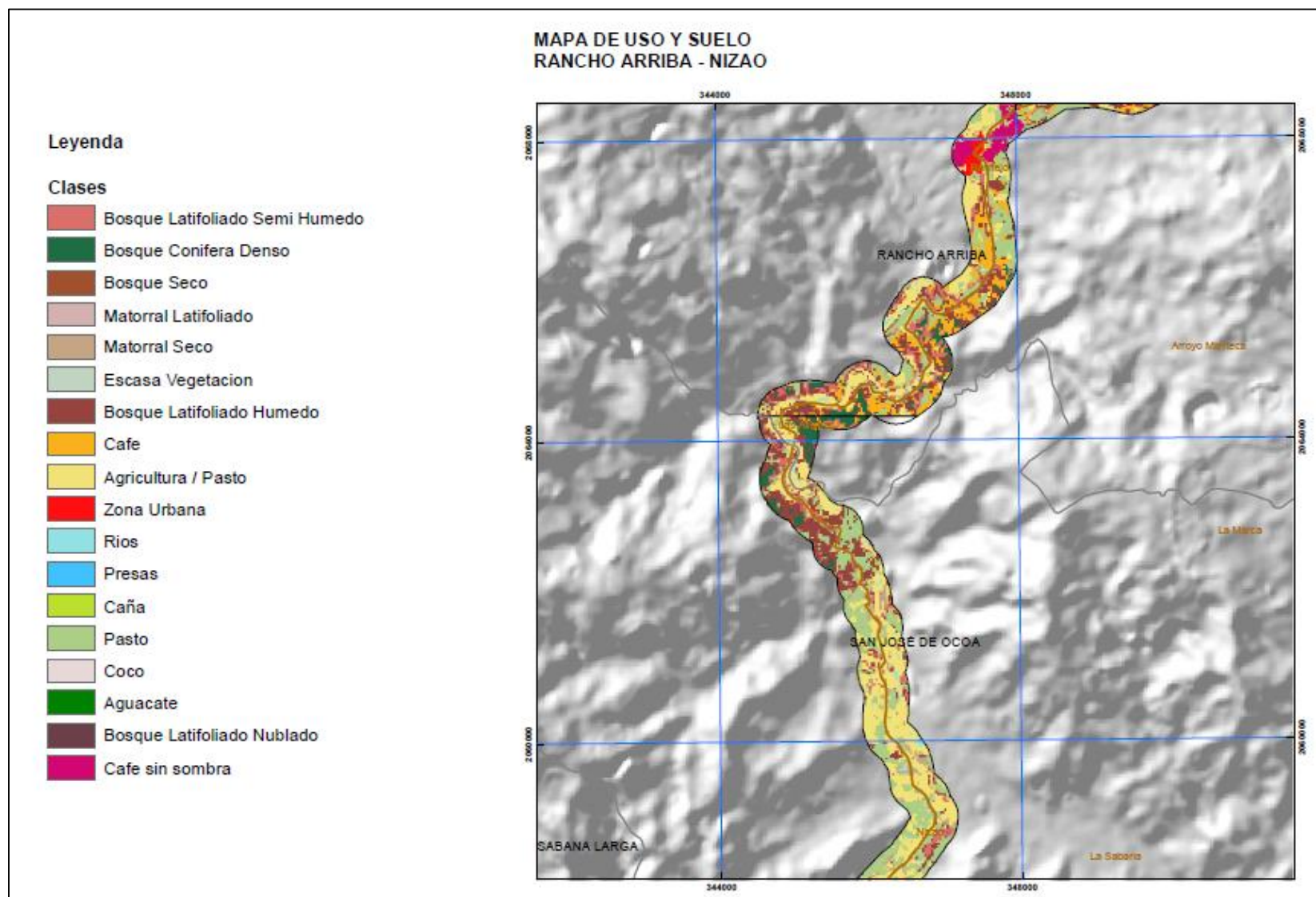


**Figura 5c. Mapa de Uso de Suelo tramo VI: Nizao – Sabana Larga - San José de Ocoa y Los Ranchitos**

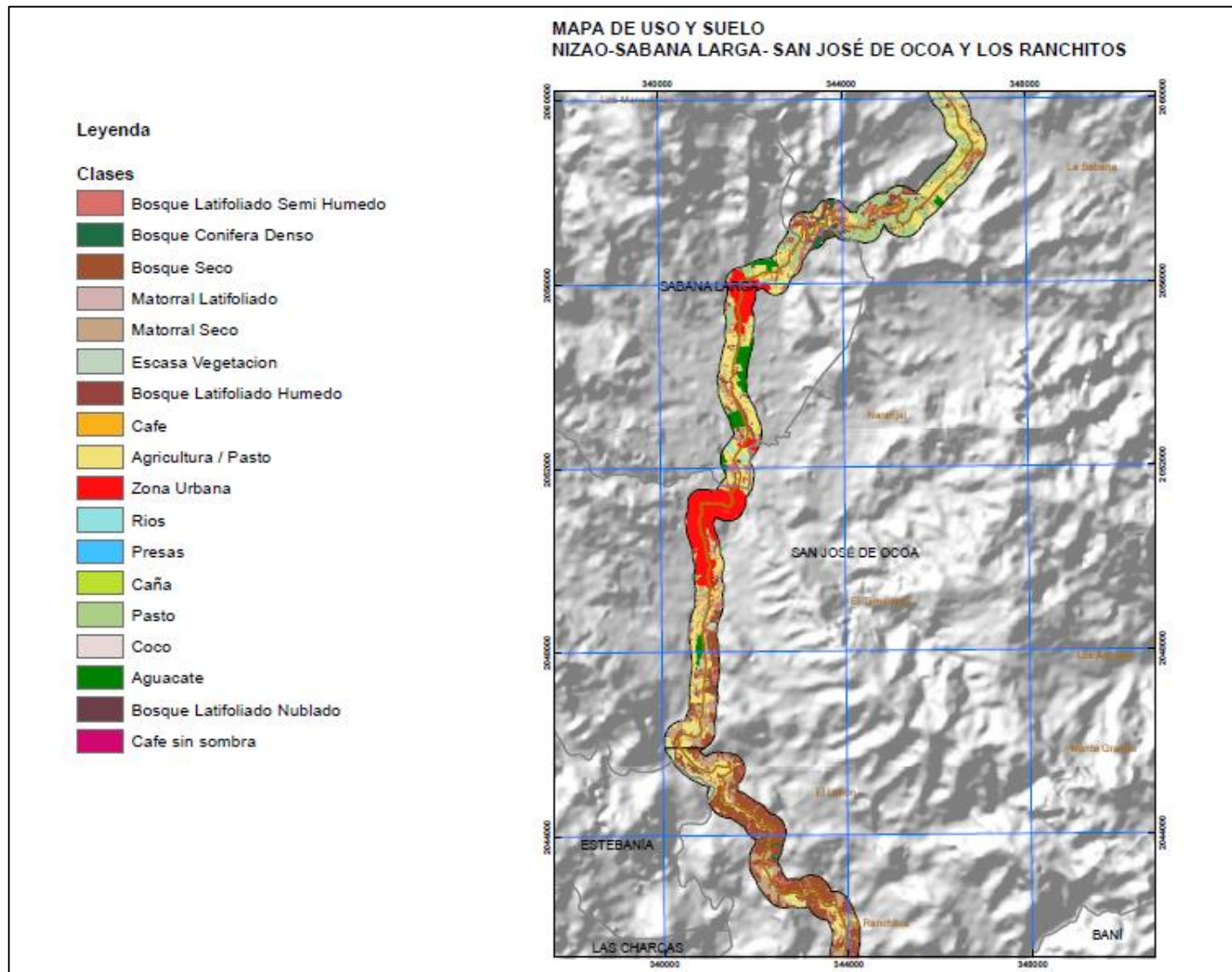
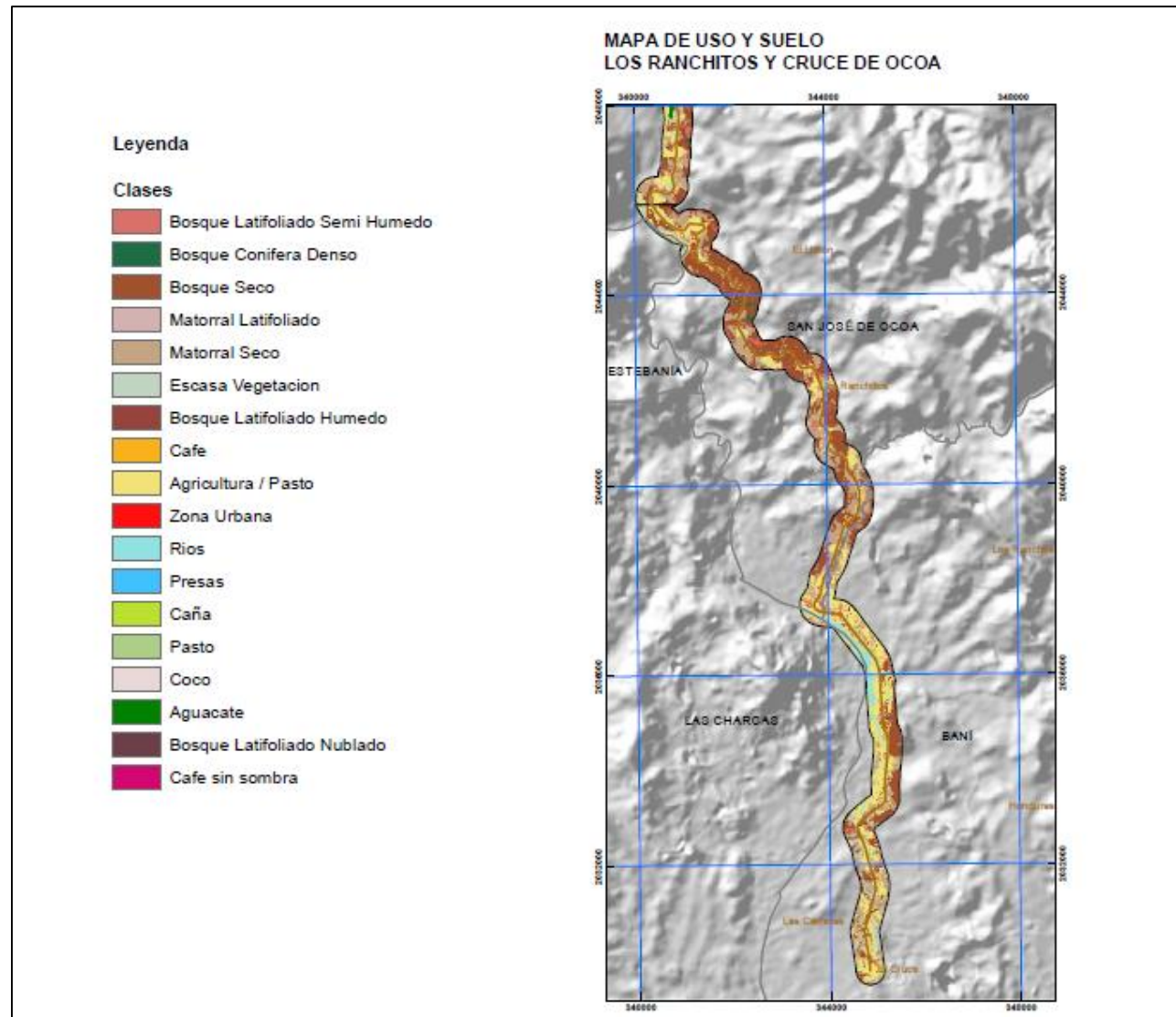


Figura 5e. Mapa de Uso de Suelo tramo V: Los Ranchitos – Cruce de Ocoa



## Inventario Deslizamiento

| Ubicación   |           |                      |                                   | Características Geológicas            |           |         |                                                                    |                                                                                  |                           |                            |                                                                             |
|-------------|-----------|----------------------|-----------------------------------|---------------------------------------|-----------|---------|--------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------|---------------------------|----------------------------|-----------------------------------------------------------------------------|
| Coordenadas |           | Hoja Topográfica     | Ubicación                         | Tipo de Movimiento                    | Pendiente | Drenaje | Litología                                                          | Estructuras                                                                      | Uso de suelo              | Coverturura de suelo       | Daños                                                                       |
| X           | Y         |                      |                                   |                                       |           |         |                                                                    |                                                                                  |                           |                            |                                                                             |
| 325,114     | 2,062,980 | 6071-I San Jose Ocoa | Proximo a Rio Banilejo            | Deslizamiento de Ladera por Gravedad  | 15-30     |         | Arcilla, Cantos y Bloques. Holoceno, Q4.                           | Falla en direccion NW-SE                                                         | Agricultura               | Pasto                      | perdida de cultivos                                                         |
| 336,292     | 2,062,850 | 6071-I San Jose Ocoa | Arroyo Brazo Izquierdo            | Deslizamiento de Ladera por Reptacion | 15-30     |         | Arcilla, Cantos y Bloques. Holoceno, Q4.                           | Falla en direccion NW-SE                                                         |                           | Bosque Latifoliado Nublado | perdida de la vegetacion y modificacion de la morfologia                    |
| 337,356     | 2,059,090 | 6071-I San Jose Ocoa | Cerrico Blanco                    | Deslizamiento de Ladera por Reptacion | 0-15      |         | Arcilla, Cantos y Bloques. Holoceno, Q4.                           | Falla en direccion NW-SE, Falla con indicacion de hundimiento en direccion NW-SE |                           | pasto                      |                                                                             |
| 330,856     | 2,058,150 | 6071-I San Jose Ocoa | Los Anaqueyes                     | Coluviones                            | 15-30     |         | Margas y Fango                                                     | Fallas en direccion NW-SE                                                        |                           | pasto                      |                                                                             |
| 329,023     | 2,057,895 | 6071-I San Jose Ocoa | Proximo al Rio El Canal           | Coluviones                            | 0-15      |         | Arenas limosas con cantos y bloques. Pleistoceno Q1-3              | Fallas en direccion NW-SE                                                        | Agricultura               | pasto                      | perdida de cultivos                                                         |
| 320,261     | 2,057,290 | 6071-I San Jose Ocoa | Proximo a Los Marraderos          | Deslizamiento de Ladera por Gravedad  | 15-30     |         | Arcilla, Cantos y Bloques. Holoceno, Q4.                           | Fallas en direccion NW-SE y Anticlinal                                           | zona urbana               |                            | obstruccion de la carretera, perdidas economica y posibles perdidas humanas |
| 332,536     | 2,056,100 | 6071-I San Jose Ocoa | Proximo al Rio El Canal           | Deslizamiento de Ladera por Gravedad  | 0-15      |         | Fm. Ventura. Alternancia de lutitas y margas. Eoceno Inferior P1-2 | Falla supuestas en direccion NE y Anticlinal                                     | zona urbana               |                            | obstruccion de la carretera, perdidas economica                             |
| 333,200     | 2,056,240 | 6071-I San Jose Ocoa | Proximo al Rio El Canal           | Deslizamiento de Ladera por Gravedad  | 0-15      |         | Arcilla, Cantos y Bloques. Holoceno, Q4.                           | Falla en direccion NW-SE                                                         | zona urbana               |                            | obstruccion de la carretera, perdidas economica                             |
| 338,299     | 2,054,300 | 6071-I San Jose Ocoa | Proximo al Arroyo Rincon del Pino | Deslizamiento de Ladera por Gravedad  | 0-15      |         | Arcilla, Cantos y Bloques. Holoceno, Q4.                           | Falla en direccion NW-SE                                                         | aguacate                  |                            | perdida de cultivos                                                         |
| 322,803     | 2,051,740 | 6071-I San Jose Ocoa | Loma Firmo la Bandera             | Deslizamiento de Ladera por Reptacion | 15-30     |         | Arcilla, Cantos y Bloques. Holoceno, Q4.                           | Falla en direccion al SE, Sinclinal                                              | Agricultura               | pasto                      | perdida de cultivos                                                         |
| 334,225     | 2,051,900 | 6071-I San Jose Ocoa | Proximo al Arroyo La Cajeta       | Deslizamiento de Ladera por Gravedad  | 0-15      |         | Arcilla, Cantos y Bloques. Pleistoceno, Q1.                        | Falla en direccion SW-NE                                                         | Agricultura               | pasto                      | perdida de cultivos                                                         |
| 324,198     | 2,051,440 | 6071-I San Jose Ocoa | Proximo al Arroyo Colorado        | Deslizamiento de Ladera por Reptacion | 0-15      |         | Arcilla, Cantos y Bloques. Holoceno, Q4.                           | Falla Inversa en direccion NE                                                    | Agricultura               | pasto                      | perdida de cultivos                                                         |
| 337,532     | 2,049,240 | 6071-I San Jose Ocoa | Loma La Penita                    | Deslizamiento de Ladera por Reptacion | 15-30     |         | Arcilla, Cantos y Bloques. Holoceno, Q4.                           | Falla con direccion al E                                                         | Bosque Latifoliado Humedo |                            |                                                                             |
| 340,261     | 2,047,450 | 6071-I San Jose Ocoa | Proximo al Rio Ocoa               | Coluviones                            | 0-15      |         | Arenas limosas con cantos y bloques. Pleistoceno Q1-3              | Falla en direccion NW-SE                                                         | Agricultura               | pasto                      | perdida de cultivos                                                         |
| 316,122     | 2,058,990 | 6071-I San Jose Ocoa | Proximo al Rio La Jura            | Deslizamiento de Ladera por Gravedad  | 0-15      |         | Arcilla, Cantos y Bloques. Holoceno, Q4.                           | Falla Inversa en direccion SE y Anticlinal                                       | pasto                     |                            |                                                                             |
| 316,727     | 2,047,600 | 6071-I San Jose Ocoa | Proximo al Rio Las Yayitas        | Deslizamiento de Ladera por Reptacion | 0-15      |         | Arcilla, Cantos y Bloques. Holoceno, Q4.                           | Falla Inversa en direccion SE                                                    | pasto,aguacate            | bosque Latifoliado Nublado |                                                                             |

|         |           |                      |                                               |                                       |       |  |                                          |                                             |                        |                            |                                                 |
|---------|-----------|----------------------|-----------------------------------------------|---------------------------------------|-------|--|------------------------------------------|---------------------------------------------|------------------------|----------------------------|-------------------------------------------------|
| 316,310 | 2,048,270 | 6071-I San Jose Ocoa | Rio Las Yayitas                               | Deslizamiento de Ladera por Reptacion | 0-15  |  | Arcilla, Cantos y Bloques. Holoceno, Q4. | Falla en direccion NW-SE                    | pasto,aguacate         | Bosque Latifoliado Nublado | perdida de cultivos                             |
| 323,757 | 2,055,430 | 6071-I San Jose Ocoa | Proximo a Los Marraderos                      | Deslizamiento de Ladera por Gravedad  | 15-30 |  | Arcilla, Cantos y Bloques. Holoceno, Q4. | Falla en direccion al E franco y Anticlinal | zona urbana            |                            | obstruccion de la carretera, perdidas economica |
| 338,901 | 2,059,580 | 6071-I San Jose Ocoa | Proximo a Montes Bonitos de los Palos Grandes | Deslizamiento de Ladera por Gravedad  | 15-30 |  | Arcilla, Cantos y Bloques. Holoceno, Q4. | Fallas en direccion SW-NE, NE-SW y E franco | agricultura, pasto     | pasto                      | perdida de cultivos                             |
| 322,685 | 2,049,850 | 6071-I San Jose Ocoa | Proximo a La Manacla                          | Coluviones                            | 15-30 |  | Arcilla, Cantos y Bloques. Holoceno, Q4. | Falla Inversa en direccion al SE            | agricultura, aguacate, | bosque Latifoliado Nublado | perdida de cultivos                             |
| 325,811 | 2,064,380 | 6071-I San Jose Ocoa | Proximo al Rio Banilejo                       | Coluviones                            | 30    |  | Arcilla, Cantos y Bloques. Holoceno, Q4. | Falla en direccion NW-SE                    | agricultura            | Bosque Conifera Denso      | perdida de cultivos                             |
| 319,332 | 2,062,720 | 6071-I San Jose Ocoa | Entre Los Platones y Loma Arroyo Hondo        | Coluviones                            | 30    |  | Arcilla, Cantos y Bloques. Holoceno, Q4. | Falla en direccion NW-SE y Anticlinal       | agricultura            | pasto                      | perdida de cultivos                             |
| 328,085 | 2,062,730 | 6071-I San Jose Ocoa | Proximo Arroyo Cienega                        | Coluviones                            | 15-30 |  | Arcilla, Cantos y Bloques. Holoceno, Q4. | Falla en direccion NW-SE                    | agricultura            | pasto                      | perdida de cultivos                             |
| 318,965 | 2,061,870 | 6071-I San Jose Ocoa | Proximo a la Loma La Lagunilla                | Coluviones                            | 15-30 |  | Arcilla, Cantos y Bloques. Holoceno, Q4. | Falla en direccion NW-SE                    | agricultura            | pasto                      | perdida de cultivos                             |
| 326,169 | 2,061,720 | 6071-I San Jose Ocoa | Loma de Lorenzo                               | Coluviones                            | 15-30 |  | Arcilla, Cantos y Bloques. Holoceno, Q4. | Falla en direccion NW-SE                    | agricultura            | pasto                      | perdida de cultivos                             |
| 326,893 | 2,061,980 | 6071-I San Jose Ocoa | Proximo a la Loma de Lorenzo                  | Coluviones                            | 15-30 |  | Arcilla, Cantos y Bloques. Holoceno, Q4. | Falla en direccion NW-SE                    | agricultura            | pasto                      | perdida de cultivos                             |
| 333,448 | 2,061,000 | 6071-I San Jose Ocoa | Rio EL Canal                                  | Coluviones                            | 15-30 |  | Arcilla, Cantos y Bloques. Holoceno, Q4. | Falla en direccion NW-SE                    | agricultura            | pasto                      | perdida de cultivos                             |
| 336,169 | 2,060,380 | 6071-I San Jose Ocoa | Proximo a Tito Bóez                           | Coluviones                            | 0-15  |  | Arcilla, Cantos y Bloques. Holoceno, Q4. | Falla en direccion NW-SE                    | agucultura, presa      | pasto                      | perdida de cultivos y represamiento             |
| 335,928 | 2,059,830 | 6071-I San Jose Ocoa | Proximo a Tito Bóez                           | Coluviones                            | 30    |  | Arcilla, Cantos y Bloques. Holoceno, Q4. | Falla en direccion NW-SE                    | agricultura            | Matorral Latifoliado       | peredida de cultivos                            |
| 335,738 | 2,059,740 | 6071-I San Jose Ocoa | Proximo a Tito Bóez                           | Coluviones                            | 30    |  | Arcilla, Cantos y Bloques. Holoceno, Q4. | Falla en direccion NW-SE                    | agricultura            | Matorral Latifoliado       | peredida de cultivos                            |
| 333,213 | 2,059,210 | 6071-I San Jose Ocoa | Proximo al Rio el Canal                       | Coluviones                            | 30    |  | Arcilla, Cantos y Bloques. Holoceno, Q4. | Falla en direccion NW-SE,                   | agruicultura           | pasto                      | peredida de cultivos                            |
| 333,376 | 2,058,620 | 6071-I San Jose Ocoa | Proximo al Rio el Canal                       | Coluviones                            | 30    |  | Arcilla, Cantos y Bloques. Holoceno, Q4. | Falla en direccion NW-SE                    | agricultura            | matorral seco              | peredida de cultivos                            |
| 319,976 | 2,057,120 | 6071-I San Jose Ocoa | Entre el Naranjo y El Pinar                   | Coluviones                            | 0-15  |  | Arcilla, Cantos y Bloques. Holoceno, Q4. | Falla en direccion NW-SE                    | zona urbana            |                            | obstruccion de la carretera, perdidas economica |
| 338,283 | 2,055,800 | 6071-I San Jose Ocoa | Proximo a la Loma de Montozos                 | Coluviones                            | 0-15  |  | Arcilla, Cantos y Bloques. Holoceno, Q4. | Falla supuesta en direccion NW-SE           | Aguacate               |                            | peredida de cultivos                            |
| 321,694 | 2,055,380 | 6071-I San Jose Ocoa | Proximo a La Plata                            | Coluviones                            | 0-15  |  | Arcilla, Cantos y Bloques. Holoceno, Q4. | Falla en direccion al SE y Anticlinal       | Agricultura            | pasto                      | peredida de cultivos                            |
| 325,909 | 2,055,380 | 6071-I San Jose Ocoa | Proximo a El Cercado                          | Coluviones                            | 0-15  |  | Arcilla, Cantos y Bloques. Holoceno, Q4. | Falla de Cabalgamiento al SE                | Agricultura            | pasto                      | peredida de cultivos                            |
| 319,314 | 2,053,230 | 6071-I San Jose Ocoa | Proximo al Gajo del Toro                      | Coluviones                            | 0-15  |  | Arcilla, Cantos y Bloques. Holoceno, Q4. | Falla en direccion NW-SE                    |                        | Bosque Latifoliado Nublado |                                                 |

|         |           |                      |                              |            |       |  |                                          |                                                         |                             |                            |                                      |
|---------|-----------|----------------------|------------------------------|------------|-------|--|------------------------------------------|---------------------------------------------------------|-----------------------------|----------------------------|--------------------------------------|
| 326,987 | 2,053,430 | 6071-I San Jose Ocoa | Gajo Largo                   | Coluviones | 0-15  |  | Arcilla, Cantos y Bloques. Holoceno, Q4. | Falla supuesta en direccion al SE                       |                             | bosque Latifoliado Nublado |                                      |
| 325,084 | 2,052,020 | 6071-I San Jose Ocoa | Proximo al Rancho del Pino   | Coluviones | 0-15  |  | Arcilla, Cantos y Bloques. Holoceno, Q4. | Falla en direccion NW-SE y Sinclinal en direccion al SE | Aguacate, agricultura       | materral latifoliado       | perdida de cultivos                  |
| 319,511 | 2,051,850 | 6071-I San Jose Ocoa | El Gajo del Toro             | Coluviones | 0-15  |  | Arcilla, Cantos y Bloques. Holoceno, Q4. | Falla en direccion SW-NE y Anticlinal al SE             | agricultura                 | materral latifoliado       | perdida de cultivos                  |
| 324,338 | 2,051,970 | 6071-I San Jose Ocoa | Loma Las Tembladeras         | Coluviones | 0-15  |  | Arcilla, Cantos y Bloques. Holoceno, Q4. | Falla en direccion al SE                                | agricultura                 | materral latifoliado       | perdida de cultivos                  |
| 326,528 | 2,051,770 | 6071-I San Jose Ocoa | Loma Las Tembladeras         | Coluviones | 0-15  |  | Arcilla, Cantos y Bloques. Holoceno, Q4. | Falla en direccion NW-SE y Anticlinal al SE             | agricultura                 | materral latifoliado       | perdida de cultivos                  |
| 324,957 | 2,051,820 | 6071-I San Jose Ocoa | Loma Las Tembladeras         | Coluviones | 0-15  |  | Arcilla, Cantos y Bloques. Holoceno, Q4. | Falla en direccion al SE y Anticlinal al SE             | agricultura                 | materral latifoliado       | perdida de cultivos                  |
| 319,557 | 2,051,460 | 6071-I San Jose Ocoa | El Gajo del Toro             | Coluviones | 0-15  |  | Arcilla, Cantos y Bloques. Holoceno, Q4. | Falla Supuesta al SE                                    | agricultura                 | materral latifoliado       | perdida de cultivos                  |
| 329,894 | 2,051,010 | 6071-I San Jose Ocoa | Loma La Palmita              | Coluviones | 15-30 |  | Arcilla, Cantos y Bloques. Holoceno, Q4. | Falla en direccion al SE                                | agricultura                 | materral latifoliado       | perdida de cultivos                  |
| 326,777 | 2,051,040 | 6071-I San Jose Ocoa | Loma Las Tembladeras         | Coluviones | 15-30 |  | Arcilla, Cantos y Bloques. Holoceno, Q4. | Anticlinal al SE                                        | agricultura                 | materral latifoliado       | perdida de cultivos                  |
| 321,815 | 2,050,960 | 6071-I San Jose Ocoa | Proximo a la Loma La Palmita | Coluviones | 15-30 |  | Arcilla, Cantos y Bloques. Holoceno, Q4. | Anticlinal al SE                                        | zona urbana                 |                            | obstruccion de la carretera          |
| 321,649 | 2,050,540 | 6071-I San Jose Ocoa | Loma Firma la Bandera        | Coluviones | 0-15  |  | Arcilla, Cantos y Bloques. Holoceno, Q4. | Anticlinal al SE                                        | zona urbana                 |                            | obstruccion de la carretera          |
| 326,810 | 2,050,680 | 6071-I San Jose Ocoa | Loma Los Naranjitos          | Coluviones | 0-15  |  | Arcilla, Cantos y Bloques. Holoceno, Q4. | Falla en direccion al SE                                | zona urbana                 |                            | obstruccion de la carretera          |
| 335,357 | 2,049,240 | 6071-I San Jose Ocoa | Proximo al Ojo de Agua       | Coluviones | 0-15  |  | Arcilla, Cantos y Bloques. Holoceno, Q4. | Falla en direccion NW-SE                                | agricultura, aguacate,      | Bosque Latifoliado Nublado | perdida de cultivos                  |
| 315,540 | 2,049,210 | 6071-I San Jose Ocoa | Rio Via                      | Coluviones | 0-15  |  | Arcilla, Cantos y Bloques. Holoceno, Q4. | Falla en direccion al SE                                | agricultura, aguacate,      | Bosque Latifoliado Nublado | perdida de cultivos                  |
| 338,203 | 2,048,840 | 6071-I San Jose Ocoa | Proximo a Los Naranjos       | Coluviones | 0-15  |  | Arcilla, Cantos y Bloques. Holoceno, Q4. | Falla en direccion al SE                                | agricultura, aguacate,      | Bosque Latifoliado Nublado | perdida de cultivos                  |
| 321,419 | 2,048,500 | 6071-I San Jose Ocoa | Rio Via                      | Coluviones | 0-15  |  | Arcilla, Cantos y Bloques. Holoceno, Q4. | Falla Inversa al SE y Anticlinal al SE                  | agricultura, aguacate,      | Bosque Latifoliado Nublado | perdida de cultivos                  |
| 332,428 | 2,047,440 | 6071-I San Jose Ocoa | Los Quemados                 | Coluviones | 0-15  |  | Arcilla, Cantos y Bloques. Holoceno, Q4. | Falla en direccion SE                                   | agricultura, aguacate, rios | Bosque Latifoliado Nublado | Represamiento y perdida de cultivos  |
| 323,704 | 2,047,360 | 6071-I San Jose Ocoa | La Manacla                   | Coluviones | 0-15  |  | Arcilla, Cantos y Bloques. Holoceno, Q4. | Falla en direccion al NE                                | agricultura, aguacate, rios | Bosque Latifoliado Nublado | Represamientos y perdida de cultivos |
| 335,599 | 2,047,070 | 6071-I San Jose Ocoa | Rio Banilejo                 | Coluviones | 0-15  |  | Arcilla, Cantos y Bloques. Holoceno, Q4. | Falla en direccion al E Franco                          | agricultura                 | Bosque Latifoliado Nublado |                                      |
| 324,563 | 2,046,740 | 6071-I San Jose Ocoa | Proximo a Rio Grande         | Coluviones | 15-30 |  | Arcilla, Cantos y Bloques. Holoceno, Q4. | Falla en direccion al SE                                | agricultura, aguacate, rios | Bosque Latifoliado Nublado | Represamiento y perdida de cultivos  |
| 338,372 | 2,046,900 | 6071-I San Jose Ocoa | Proximo a Los Naranjos       | Coluviones | 15-30 |  | Arcilla, Cantos y Bloques. Holoceno, Q4. | Falla supuesta en direccion al SE                       | agricultura, aguacate, rios | Bosque Latifoliado Nublado | Represamiento y perdida de cultivos  |
| 338,376 | 2,046,610 | 6071-I San Jose Ocoa | Los Naranjos                 | Coluviones | 15-30 |  | Arcilla, Cantos y Bloques. Holoceno, Q4. | Falla supuesta en direccion al NE                       | agricultura, aguacate, rios | Bosque Latifoliado Nublado | Represamiento y perdida de cultivos  |

|         |           |                      |                                   |                                        |       |  |                                                                          |                                           |                             |                            |                                     |
|---------|-----------|----------------------|-----------------------------------|----------------------------------------|-------|--|--------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------|-----------------------------|----------------------------|-------------------------------------|
| 318,110 | 2,057,710 | 6071-I San Jose Ocoa | Proximo a El Pinar                | Coluviones                             | 0-15  |  | Arcilla, Cantos y Bloques. Holoceno, Q4.                                 | Falla supuesta en direccion al SE         | agricultura                 | pasto                      | Represamiento y perdida de cultivos |
| 326,559 | 2,053,650 | 6071-I San Jose Ocoa | Rancho del Pino                   | Coluviones                             | 0-15  |  | Arcilla, Cantos y Bloques. Holoceno, Q4.                                 | Falla supuesta en direccion al SE         | presas, agricultura         |                            | Represamiento y perdida de cultivos |
| 321,286 | 2,053,955 | 6071-I San Jose Ocoa | Los Higos                         | Coluviones                             | 0-15  |  | Arcilla, Cantos y Bloques. Holoceno, Q4.                                 | Falla en direccion al SE, Sinclinal al SE | presas, agricultura         |                            |                                     |
| 334,700 | 2,053,820 | 6071-I San Jose Ocoa | Arroyo el Pinar                   | Coluviones                             | 0-15  |  | Arcilla, Cantos y Bloques. Holoceno, Q4.                                 | Falla en direccion al E                   | presas, agricultura         |                            | Represamiento y perdida de cultivos |
| 324,176 | 2,050,020 | 6071-I San Jose Ocoa | Proximo A la Loma Las Tembladeras | Coluviones                             | 0-15  |  | Arcilla, Cantos y Bloques. Holoceno, Q4.                                 | Falla en direccion NW -SE                 | zona urbana                 |                            | obstruccion de la carretera         |
| 240,094 | 2,047,070 | 6071-I San Jose Ocoa | Proximo rio Ocoa                  | Deslizamiento de laderas por gravedad  | 0-15  |  | Arcilla, Cantos y Bloques. Holoceno, Q4.                                 | Falla Supuesta al al S Franco             | agricultura, aguacate, rios | Bosque Latifoliado Nublado | Represamiento y perdida de cultivos |
| 337,756 | 2,053,820 | 6071-I San Jose Ocoa | Proximo al Rio Ocoa               | Glacis                                 | 0-15  |  | Arenas y arenas limosas con niveles de cantos y gravas, Pleistoceno Q1-3 | Falla en direccion NW-SE                  | agricultura, aguacate, rios |                            | Represamiento y perdida de cultivos |
| 337,729 | 2,063,670 | 6071-I San Jose Ocoa | Proximo loma los palmaritos       | Coluviones                             | 15-30 |  | Arcilla, cantos y Bloquez. Holoceno, Q4                                  | Falla inversa en direccion SE             | agricultura                 | pasto                      | perdida de cultivos                 |
| 340,495 | 2,053,360 | 6071-I San Jose Ocoa | Proximo al Arroyo Rincon del pino | Coluviones                             | 0-15  |  | Arcilla, cantos y Bloquez. Holoceno, Q4                                  | Falla supuesta SE                         | agricultura, aguacate, rios |                            | Represamiento y perdida de cultivos |
| 333,242 | 2,056,120 | 6071-I San Jose Ocoa | Proximo al Rio El Canal           | Deslizamientos de ladera por Gravedad  | 0-15  |  | Arcilla, cantos y Bloquez. Holoceno, Q4                                  | Falla en direccion al SE                  | zona urbana                 |                            | obstruccion de la carretera         |
| 333,193 | 2,055,760 | 6071-I San Jose Ocoa | Proximo al Rio El Canal           | Deslizamientos de ladera por Gravedad  | 0-15  |  | Arcilla, cantos y Bloquez. Holoceno, Q4                                  | Falla en direccion al SE                  | zona urbana                 |                            | obstruccion de la carretera         |
| 338,299 | 2,054,300 | 6071-I San Jose Ocoa | Proximo al Rio El Canal           | Deslizamientos de ladera por Gravedad  | 0-15  |  | Arcilla, cantos y Bloquez. Holoceno, Q4                                  | Falla en direccion al SE                  | zona urbana                 | pasto                      | obstruccion de la carretera         |
| 322,803 | 2,051,740 | 6071-I San Jose Ocoa | Loma Firma la Bandera             | Deslizamientos de ladera por Reptacion | 0-15  |  | Arcilla, cantos y Bloquez. Holoceno, Q4                                  | Sinclinal al SE                           | agricultura                 | materral latifoliado       | perdida de cultivos                 |
| 334,224 | 2,051,900 | 6071-I San Jose Ocoa | La Cuchilla                       | Deslizamientos de ladera por Gravedad  | 0-15  |  | Arcilla, cantos y Bloquez. Holoceno, Q4                                  | Falla en Direccion al SE                  | agricultura                 | materral latifoliado       | perdida de cultivos                 |
| 324,198 | 2,051,440 | 6071-I San Jose Ocoa | Loma Las Tembladeras              | Deslizamientos de ladera por Reptacion | 0-15  |  | Arcilla, cantos y Bloquez. Holoceno, Q4                                  | Anticlinal al SE                          | agricultura                 | materral latifoliado       | perdida de cultivos                 |
| 322,442 | 2,049,180 | 6071-I San Jose Ocoa | Proximo al Rio Via                | Deslizamientos de Ladera por Reptacion | 15-30 |  | Arcilla, cantos y Bloquez. Holoceno, Q4                                  | Falla de Cabalgamiento al SE              | agricultura, aguacate, rios | Bosque Latifoliado Nublado | Represamiento y perdida de cultivos |
| 337,532 | 2,049,240 | 6071-I San Jose Ocoa | Proximo al Rio Banilejo           | Deslizamientos de ladera por Reptacion | 15-30 |  | Arcilla, cantos y Bloquez. Holoceno, Q4                                  | Falla en direccion al E Franco            | agricultura, aguacate, rios | Bosque Latifoliado Nublado | Represamiento y perdida de cultivos |
| 340,261 | 2,047,450 | 6071-I San Jose Ocoa | Proximo al Rio Ocoa               | Deslizamientos de Ladera por Gravedad  | 0-15  |  | Arcilla, cantos y Bloquez. Holoceno, Q4                                  | Falla en direccion al SE                  | agricultura, aguacate, rios | Bosque Latifoliado Nublado | Represamiento y perdida de cultivos |
| 316,122 | 2,058,990 | 6071-I San Jose Ocoa | Rio Jura                          | Deslizamientos de Ladera por Gravedad  | 0-15  |  | Arcilla, cantos y Bloquez. Holoceno, Q4                                  | Falla en direccion NW-SE                  | agricultura, aguacate, rios | Bosque Latifoliado Nublado | Represamiento y perdida de cultivos |

|         |           |                      |                             |                                        |       |  |                                        |                                                         |                             |                            |                                                  |
|---------|-----------|----------------------|-----------------------------|----------------------------------------|-------|--|----------------------------------------|---------------------------------------------------------|-----------------------------|----------------------------|--------------------------------------------------|
| 316,727 | 2,047,600 | 6071-I San Jose Ocoa | Proximo al Rio Las Yayitas  | Deslizamientos de Ladera por Reptacion | 0-15  |  | Arcilla,cantos y Bloquez. Holoceno, Q4 | Falla de Cabalgamiento al SE                            | agricultura, aguacate, rios | Bosque Latifoliado Nublado | Represamiento y perdida de cultivos              |
| 316,310 | 2,048,270 | 6071-I San Jose Ocoa | Rio Las Yayitas             | Deslizamientos de Ladera por Reptacion | 15-30 |  | Arcilla,cantos y Bloquez. Holoceno, Q4 | Falla de Cabalgamiento al SE                            | agricultura, aguacate, rios | Bosque Latifoliado Nublado | Represamiento y perdida de cultivos              |
| 323,757 | 2,055,430 | 6071-I San Jose Ocoa | Proximo a El Cercado        | Deslizamientos de Ladera por Reptacion | 0-15  |  | Arcilla,cantos y Bloquez. Holoceno, Q4 | Anticlinal al NW                                        | zona urbana                 |                            | obstruccion de la carretera                      |
| 339,528 | 2,049,050 | 6071-I San Jose Ocoa | Proximo a El Pinar          | Coluviones                             | 0-15  |  | Arcilla,cantos y Bloquez. Holoceno, Q4 | Falla en direccion al E Franco                          | agricultura, aguacate, rios | Bosque Latifoliado Nublado | Represamiento y perdida de cultivos              |
| 337,690 | 2,064,410 | 6071-I San Jose Ocoa | Rio Ocoa                    | Deslizamientos de Ladera por Gravedad  | 30    |  | Arcilla,cantos y Bloquez. Holoceno, Q4 | Falla con Indicacion de Hundimiento con direccion al NE | agricultura                 | Bosque Conifera Denso      | perdida de cultivos                              |
| 325,811 | 2,064,380 | 6071-I San Jose Ocoa | Proximo al Rio Banilejo     | Coluviones                             | 30    |  | Arcilla,cantos y Bloquez. Holoceno, Q4 | Falla en direccion NW-SE                                | agricultura                 | Bosque Conifera Denso      | perdida de cultivos                              |
| 319,332 | 2,062,720 | 6071-I San Jose Ocoa | Proximo a Los Platonos      | Coluviones                             | 15-30 |  | Arcilla,cantos y Bloquez. Holoceno, Q4 | Falla en direccion NW-SE y Anticlinal al S              | agricultura                 | pasto                      | perdida de cultivos                              |
| 328,085 | 2,062,730 | 6071-I San Jose Ocoa | Proximo al Arroyo Cienaga   | Coluviones                             | 15-30 |  | Arcilla,cantos y Bloquez. Holoceno, Q4 | Falla en direccion al SE                                | agricultura                 | pasto                      | perdida de cultivos                              |
| 326,782 | 2,061,720 | 6071-I San Jose Ocoa | Loma de Lorenzo             | Coluviones                             | 15-30 |  | Arcilla,cantos y Bloquez. Holoceno, Q4 | Falla con direccion al SE                               | agricultura                 | pasto                      | perdida de cultivos                              |
| 236,474 | 2,061,470 | 6071-I San Jose Ocoa | Proximo Arroyo Cienega      | Coluviones                             | 15-30 |  | Arcilla,cantos y Bloquez. Holoceno, Q4 | Falla en direccion al SE                                | agricultura                 | pasto                      | perdida de cultivos                              |
| 333,448 | 2,061,000 | 6071-I San Jose Ocoa | Loma de La Morita           | Coluviones                             | 15-30 |  | Arcilla,cantos y Bloquez. Holoceno, Q4 | Falla en direccion SW-NE                                | agricultura                 | pasto                      | perdida de cultivos                              |
| 336,169 | 2,060,380 | 6071-I San Jose Ocoa | Proximo al Rio El Canal     | Coluviones                             | 0-15  |  | Arcilla,cantos y Bloquez. Holoceno, Q4 | Falla en direccion al SE                                | agricultura, rio            | pasto                      | Represamiento, inundaciones, perdida de cultivos |
| 335,928 | 2,059,830 | 6071-I San Jose Ocoa | Tito Bóez                   | Coluviones                             | 0-15  |  | Arcilla,cantos y Bloquez. Holoceno, Q4 | Falla en direccion al SE                                | agricultura                 | pasto                      | perdida de cultivos                              |
| 317,671 | 2,058,940 | 6071-I San Jose Ocoa | Rio Jura                    | Coluviones                             | 0-15  |  | Arcilla,cantos y Bloquez. Holoceno, Q4 | Falla en direccion al S Franco                          | agricultura                 | pasto                      | perdida de cultivos                              |
| 333,213 | 2,059,210 | 6071-I San Jose Ocoa | Los Anaqueyes               | Coluviones                             | 0-15  |  | Arcilla,cantos y Bloquez. Holoceno, Q4 | Falla en direccion al NE                                | agricultura                 | pasto                      | perdida de cultivos                              |
| 333,337 | 2,058,620 | 6071-I San Jose Ocoa | Mogote Peparadero           | Coluviones                             | 0-15  |  | Arcilla,cantos y Bloquez. Holoceno, Q4 | Falla en direccion al SE                                | agricultura                 | pasto                      | perdida de cultivos                              |
| 319,976 | 2,057,120 | 6071-I San Jose Ocoa | Proximo a El Pinar          | Coluviones                             | 0-15  |  | Arcilla,cantos y Bloquez. Holoceno, Q4 | Falla en direccion al SE y Anticlinal al SE             | agricultura                 | pasto                      | perdida de cultivos                              |
| 318,086 | 2,057,000 | 6071-I San Jose Ocoa | Proximo a El Pinar          | Coluviones                             | 0-15  |  | Arcilla,cantos y Bloquez. Holoceno, Q4 | Anticlinal Volcado al SE                                | agricultura                 | pasto                      | perdida de cultivos                              |
| 315,681 | 2,056,490 | 6071-I San Jose Ocoa | Proximo a Peralta           | Coluviones                             | 0-15  |  | Arcilla,cantos y Bloquez. Holoceno, Q4 | Falla Inversa al SE                                     | zona urbana                 |                            | perdida de cultivos                              |
| 362,101 | 2,082,904 | 6172-I Bonao         | Proximo a Loma Juan Aldrian | coluviones                             | 0-15  |  | gravas, bloques y limos.               | Ninguna Estructura                                      | agricultura                 | bosque seco                | perdida de cultivos                              |
| 362,998 | 2,081,498 | 6172-I Bonao         | Proximo Loma la Lechoza     | coluviones                             | 15-30 |  | gravas, bloques y limos.               | Ninguna Estructura                                      | agricultura                 | bosque seco                | perdida de cultivos                              |
| 357,904 | 2,079,901 | 6172-I Bonao         | Loma el Medio               | coluviones                             | 0-15  |  | gravas, bloques y limos.               | Falla en direccion NS                                   | agricultura                 | bosque seco                | perdida de cultivos                              |
| 355,900 | 2,077,988 | 6172-I Bonao         | Loma de Quimbamba           | coluviones                             | 0-15  |  | gravas, bloques y limos.               | Ninguna Estructura                                      | agricultura                 | bosque seco                | perdida de cultivos                              |
| 356,500 | 2,073,990 | 6172-I Bonao         | Los Zanjones                | coluviones                             | 15-30 |  | gravas, bloques y limos.               | ninguna Estructura                                      | agricultura, aguacate       | bosque seco                | perdida de cultivos                              |
| 351,501 | 2,072,500 | 6172-I Bonao         | Proximo a La Guama          | coluviones                             | 15-30 |  | gravas, bloques y limos.               | Ninguna Estructura                                      | agricultura                 | bosque seco                | perdida de cultivos                              |

|         |           |                  |                                |               |       |  |                                      |                                                           |             |                        |                     |
|---------|-----------|------------------|--------------------------------|---------------|-------|--|--------------------------------------|-----------------------------------------------------------|-------------|------------------------|---------------------|
| 351,903 | 2,073,990 | 6172-I Bonao     | Proximo a Juan Luis            | coluviones    | 15-30 |  | gravas, bloques y limos.             | Ninguna Estructura                                        | agricultura | bosque seco            | perdida de cultivos |
| 346,888 | 2,071,904 | 6172-I Bonao     | Humo de Cuava                  | coloviones    | 15-30 |  | gravas, bloques y limos.             | Ninguna Estructura                                        | agricultura | bosque seco            | perdida de cultivos |
| 342,501 | 2,070,300 | 6172-I Bonao     | Cerro de los Congos            | coluviones    | 0-15  |  | gravas, bloques y limos.             | Ninguna Estructura                                        | agricultura | bosque seco            | perdida de cultivos |
| 341,998 | 2,069,999 | 6072-I Constanza | Proximo a Quita Sueño          | coluvion      | 15-30 |  | cantos, lutitas y arenas. Holoceno   | ninguna Estructura                                        |             |                        |                     |
| 341,997 | 2,070,998 | 6072-I Constanza | Proximo a Quita Sueño          | Deslizamiento | 15-30 |  | Lutiatas, bloques y cantos. Holoceno | Ninguna Estructura                                        |             |                        |                     |
| 341,500 | 2,071,888 | 6072-I Constanza | Proximo a Quita Sueño          | coluvion      | 30    |  | cantos, lutitas y arenas. Holoceno   | Ninguna Estructura                                        |             |                        |                     |
| 15-30   | 2,070,350 | 6072-I Constanza | Proximo a Rio Nizao            | coluvion      | 15-30 |  | cantos, lutitas y arenas. Holoceno   | Ninguna Estructura                                        |             |                        |                     |
| 339,898 | 2,069,988 | 6072-I Constanza | Firme de la Yerbabuena         | coluvion      | 30    |  | cantos, lutitas y arenas. Holoceno   | Ninguna Estructura                                        |             |                        |                     |
| 339,540 | 2,071,987 | 6072-I Constanza | Quita Sueño                    | coluvion      | 15-30 |  | cantos, lutitas y arenas. Holoceno   | Ninguna Estructura                                        |             |                        |                     |
| 339,000 | 2,072,502 | 6072-I Constanza | Quita Sueño                    | coluvion      | 15-30 |  | cantos, lutitas y arenas. Holoceno   | Falla en direccion SE                                     |             |                        |                     |
| 336,998 | 2,065,504 | 6072-I Constanza | Proximo arroyo la playa        | Deslizamiento | 30    |  | Lutitas, bloques y cantos. Holoceno  | Falla en direccion SW                                     |             |                        |                     |
| 336,997 | 2,067,801 | 6072-I Constanza | Firme de la Yerbabuena         | Deslizamiento | 15-30 |  | Lutitas, bloques y cantos. Holoceno  | Falla en direccion SW                                     |             |                        |                     |
| 336,888 | 2,067,998 | 6072-I Constanza | Firme de la Yerbabuena         | Deslizamiento | 15-30 |  | Lutitas, bloques y cantos. Holoceno  | Falla en direccion NS                                     |             |                        |                     |
| 336,500 | 2,068,300 | 6072-I Constanza | Arroyo Bonito                  | Deslizamiento | 30    |  | Lutitas, bloques y cantos. Holoceno  | Falla en direccion SE                                     |             |                        |                     |
| 337,000 | 2,070,800 | 6072-I Constanza | Arroyo la Ciga                 | Deslizamiento | 30    |  | Lutitas, bloques y cantos. Holoceno  | Falla en direccion SE                                     |             |                        |                     |
| 335,342 | 2,065,502 | 6072-I Constanza | Arroyo la Playa                | Coluvion      | 15-30 |  | Cantos, lutitas y arenas. Holoceno   | Falla en direccion SW                                     |             |                        |                     |
| 335,503 | 2,066,998 | 6072-I Constanza | Arroyo la Playa                | Coluvion      | 15-30 |  | cantos, lutitas y arenas. Holoceno   | Falla en direccion SW                                     |             |                        |                     |
| 335,988 | 2,066,990 | 6072-I Constanza | Loma de los Chivos             | Coluvion      | 15-30 |  | cantos, lutitas y arenas. Holoceno   | Falla en direccion SW                                     |             |                        |                     |
| 335,000 | 2,070,500 | 6072-I Constanza | Arroyo la ciga                 | Deslizamiento | 15-30 |  | Lutitas, bloques y cantos. Holoceno  | Ninguna Estructura                                        |             |                        |                     |
| 335,900 | 2,077,988 | 6072-I Constanza | Arroyo Escondido               | Deslizamiento | 15-30 |  | Lutitas, bloques y cantos. Holoceno  | Falla en direcccion SW                                    |             |                        |                     |
| 334,902 | 2,077,990 | 6072-I Constanza | Arroyo Escondido               | Deslizamiento | 30    |  | Lutitas, bloques y cantos. Holoceno  | Falla en direccion SE                                     |             |                        |                     |
| 336,104 | 2,074,105 | 6072-I Constanza | Proximo a Rio Malo             | Deslizamiento | 15-30 |  | Lutitas, bloques y cantos. Holoceno  | Ninguna Estructura                                        |             |                        |                     |
| 336,803 | 2,077,998 | 6072-I Constanza | Loma la Chorreosa              | Deslizamiento | 15-30 |  | Lutitas, bloques y cantos. Holoceno  | Falla en direccion SW                                     |             |                        |                     |
| 338,900 | 2,064,400 | 6071-II Azua     | Proximo Firme a los Almendros  | Coluvion      | 15-30 |  | cantos, lutitas y arenas. Holoceno   | Escarpe estructural en capas monoclinales en direccion NS | agricultura | bosquez conifera denso | perdida de cultivos |
| 336,801 | 2,062,501 | 6071-II Azua     | Proximo Arroyo Brazo Izquierdo | Coluvion      | 15-30 |  | cantos, lutitas y arenas. Holoceno   | Falla en direccion SE                                     | agricultura | pasto                  | perdida de cultivos |
| 338,998 | 2,061,500 | 6071-II Azua     | Proximo Firme a los Almendros  | Coluvion      | 15-30 |  | cantos, lutitas y arenas. Holoceno   | Falla en direccion NS                                     | agricultura | pasto                  | perdida de cultivos |
| 336,802 | 2,061,301 | 6071-II Azua     | Proximo Arroyo Brazo Izquierdo | coluvion      | 15-30 |  | cantos, lutitas y arenas. Holoceno   | Falla en direccion WE                                     | agricultura | pasto                  | perdida de cultivos |

|         |           |              |                        |               |       |  |                                    |                          |                       |                             |                                     |
|---------|-----------|--------------|------------------------|---------------|-------|--|------------------------------------|--------------------------|-----------------------|-----------------------------|-------------------------------------|
| 336,501 | 2,060,235 | 6071-II Azua | Proximo Cerrido Blanco | Coluvion      | 15-30 |  | cantos, lutitas y arenas. Holoceno | Falla en direccion WE    | agricultura, presas   | pasto                       | Represamiento y perdida de cultivos |
| 336,000 | 2,060,900 | 6071-II Azua | Proximo Tito Boez      | Coluvion      | 15-30 |  | cantos, lutitas y arenas. Holoceno | Falla en direccion WE-NS | agricultura, presas   | pasto                       | Represamiento y perdida de cultivos |
| 335,989 | 2,060,900 | 6071-II Azua | Proximo Cerrido Blanco | Coluvion      | 15-30 |  | cantos, lutitas y arenas. Holoceno | Falla en direccion WE-NS | agricultura, presas   | pasto                       | Represamiento y perdida de cultivos |
| 336,000 | 2,060,000 | 6071-II Azua | Proximo Cerrido Blanco | Coluvion      | 15-30 |  | cantos, lutitas y arenas. Holoceno | Falla en direccion N     | agricultura, presas   | pasto                       | Represamiento y perdida de cultivos |
| 335,000 | 2,061,998 | 6071-II Azua | Proximo Cerrido Blanco | Deslizamiento | 15-30 |  | Bloques y lutitas. Holoceno        | Ninguna Estructura       | agricultura           | pasto                       | perdida de cultivos                 |
| 335,801 | 2,061,999 | 6071-II Azua | Cerrido Blanco         | Deslizamiento | 15-30 |  | Bloques y lutitas. Holoceno        | Ninguna Estructura       | agricultura           | pasto                       | perdida de cultivos                 |
| 335,900 | 2,059,988 | 6071-II Azua | Cerrido Blanco         | Coluvion      | 15-30 |  | cantos, lutitas y arenas. Holoceno | Falla en direccion N     | agricultura           | pasto                       | perdida de cultivos                 |
| 338,459 | 2,056,531 | 6071-II Azua | Rio el Canal           | Coluvion      | 15-30 |  | cantos, lutitas y arenas. Holoceno | Falla en direccion SW    | agricultura           | pasto                       | perdida de cultivos                 |
| 338,900 | 2,049,500 | 6071-II Azua | Los Naranjos           | Deslizamiento | 15-30 |  | cantos, lutitas y arenas. Holoceno | Ninguna Estructura       | agricultura, aguacate | Bosque Latifoliado Nublado  | perdida de cultivos                 |
| 342,901 | 2,046,502 | 6071-II Azua | Proximo Rio Banilejo   | Deslizamiento | 15-30 |  | Bloques y lutitas. Holoceno        | Falla en direccion SW    | agricultura           | Bosque Latifoliado Nublado  | perdida de cultivos                 |
| 342,104 | 2,046,998 | 6071-II Azua | Proximo Rio Banilejo   | Coluvion      | 15-30 |  | Bloques y lutitas. Holoceno        | Falla en direccion SW    | agricultura           | bosques latifoliado nublado | perdida de cultivos                 |
| 340,988 | 2,041,997 | 6071-II Azua | Proximo Rio Banilejo   | Coluvion      | 15-30 |  | cantos, lutitas y arenas. Holoceno | Falla en direccion SW-N  | agricultura           | bosque latifoliado nublado  | perdida de cultivos                 |



**UTM: 344899/2036322:** Esta imagen presenta terraza media, con proceso de erosión fluvial.



**UTM: 344601/2036703 Arroyo Blanco**

Erosión de las llanuras de inundación de terrazas, efectos en la carretera por crecida de ríos donde se realizó las construcciones de gaviones para disminuir o mitigar el efecto erosivo de la corriente.



**UTM: 334626/2039844:** Desprendimiento del aglutinado debido a la meteorización de la roca.



### **San José De Ocoa**

En la carretera específicamente en San José de Ocoa se pueden observar los postes de luz recostado esto es debido a que es una zona totalmente activa donde la sismicidad se encuentra muy activa.



**UTM: 346529/2064287:** Aquí se muestran surcos ligados a olistrostromas.



**UTM: 340888/2047887:** En esta imagen se muestra ondulación de la vegetación por efecto de la tectónica (creeps).



**UTM: 345619/2064389:** En la carretera se observa que las tonalitas foliadas se generan por efecto tectónico momento en que el estrato va a favor del buzamiento el estrato se mantiene pero cuando da la vuelta es todo lo contrario.