EVALUACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL DE OBRAS VIALES UTILIZANDO HERRAMIENTAS SIG PARA VALORACIÓN DE IMPACTOS. APLICACIÓN A LA CARRETERA PUERTA DEL CHACO – VILLAMONTES

EVALUATION OF ENVIRONMENTAL IMPACT FOR ROAD WORKS USING GIS TOOLS FOR THE VALORATION OF IMPACTS. APPLICATION TO PUERTA DEL CHACO – VILLAMONTES HIGHWAY

Trigo Orsini Daniel Alberto[1]

[1]Ingeniero Civil, Estudiante de Doctorado en Ciencias. Universidad Autónoma Juan Misael Saracho. Tarija – Bolivia

Dirección de Correspondencia: Calle La Madrid N° 767 2do piso. Tarija – Bolivia.
Correo Electrónico: dtrigoo@gmail.com

RESUMEN

De manera general las obras viales o proyectos camineros, transcurren a través de diferentes sectores con características ambientales de distinta sensibilidad, ya sean diferentes pisos ecológicos o diferentes zonas de características específicas, por lo que para la calificación y valoración de impactos se recurre a artilugios como la división por tramos, generando volúmenes de información que complican y a veces confunden, generando demasiada subjetividad en la valoración en sí. Por otra parte, es muy difícil utilizar una matriz como la de Leopold o similar para calificar cualitativamente un trazo que atraviesa sectores de bosque y sectores áridos, sectores vírgenes y sectores antropizados, sectores húmedos y sectores secos, etc., por lo que, y para el caso específico de obras viales el presente artículo propone un método gráfico de valoración, de manera que los factores más afectados sean representados en mapas temáticos de resultado, identificando zonas de mayor y menor sensibilidad y presentando valoraciones de los impactos relacionadas a sus características particulares y longitudes.

El método es aplicado sobre un proyecto en el departamento de Tarija, específicamente en la carretera Tarija - Villa Montes, misma que presenta desafíos tanto por su longitud, como por la opción de variantes y por los diferentes pisos ecológicos que atraviesa, permitiendo observar directamente sobre el trazo del proyecto la incidencia de distintos aspectos de interés ambiental, además permite ubicar espacialmente las áreas de mitigación posteriores.

El método considera los subsistemas inerte, biótico y socioeconómico, por lo que Inicialmente se propone la mapificación de los siguientes aspectos:

1. Riesgo a la erosión hídrica y deslizamientos
2. Uso actual del suelo
3. Conveniencia socioeconómica

Estos aspectos podrían incrementarse en base a las consideraciones posteriores que se vayan encontrando, buscando representatividad de aspectos específicos difíciles de mostrar o definir y de aspectos globales de interés general que ayuden a la toma de decisiones.

Los resultados se presentan en mapas temáticos y cuadros de valoración donde el producto de longitud de trazo por cada polígono de valoración nos permite comparar numéricamente el trazo en sí, es decir comparación entre variantes o el trazo con otros trazos en magnitud numérica de impacto.

ABSTRACT

In general, road works or road projects take place through different sectors with environmental characteristics of different sensitivity, whether they are different ecological floors or different areas of specific characteristics, so for the qualification and valuation of impacts, gadgets such as the division by sections, generating volumes of information that complicate and

sometimes confuse, generating too much subjectivity in the evaluation itself. On the other hand, it is very difficult to use a matrix such as that of Leopold or similar to qualify qualitatively a line that traverses sectors of forest and arid sectors, virgin sectors and anthropized sectors, wet sectors and dry sectors, etc., so, and for the specific case of road works, this article proposes a graphic method of assessment, so that the most affected factors are represented in thematic result maps, identifying areas of greater and lesser sensitivity and presenting valuations of the impacts related to their particular characteristics and lengths.

The method is applied to a project in the department of Tarija, specifically on "Tarija – Villa Montes" road, which presents challenges both for its length, as well as for the option of variants and for the different ecological levels it crosses, allowing direct observation of the outline of the project, the incidence of different aspects of environmental interest, in addition to spatially locate the subsequent mitigation areas.

The method considers the subsystems Inert, Biotic and socioeconomic, so that the mapping of the following aspects is initially proposed:

1. Risk to water erosion and landslides
2. Current land use
3. Socioeconomic convenience

These aspects could be increased based on subsequent considerations that could be found, seeking representation of specific aspects difficult to show or define and global aspects of general interest that help the decision making.

The results are presented in thematic maps and valuation tables where the product of stroke length for each valuation polygon allows us to compare numerically the stroke itself, that is, comparison between variants or the stroke with other strokes in numerical magnitude of impact.

PALÁBRAS CLAVE

Metodología de valoración gráfica, evaluación de impactos ambientales, obras viales, aplicación.

KEYWORDS

Methodology of graphic evaluation, evaluation of environmental impacts, road works, application.

INTRODUCCIÓN

De manera general las obras viales o proyectos camineros, transcurren a través de diferentes sectores con características ambientales de distinta sensibilidad, ya sean diferentes pisos ecológicos o diferentes zonas de características específicas, por lo que para la calificación y valoración de impactos se recurre a artilugios como la división por tramos, generando volúmenes de información que complican y a veces confunden al especialista al momento de calificar y también al lector, generando demasiada subjetividad en la valoración en sí (Gómez Orea 2013., Conesa 2010.)

Por otra parte, es muy difícil utilizar una matriz como la de Leopold o similar para calificar cualitativamente un trazo que atraviesa sectores de bosque y sectores áridos, sectores vírgenes y sectores antropizados, sectores húmedos y sectores secos, etc., por lo que, y para el caso específico de obras viales, resultaría de mucha utilidad el planteamiento gráfico de valoración de impactos de manera que distintas tonalidades a lo largo y alrededor de la ruta nos presente una especie de radiografía de la intensidad de los impactos generados, logrando poner mayor atención y énfasis en los sectores visiblemente críticos.

De similar manera, esta radiografía podría permitirnos comparar la incidencia en impactos de tramos alternativos y variantes, pudiendo seleccionar las ambientalmente más convenientes o de menores impactos, dado que en general, un trazo definido y las alternativas que presente una ruta deben ser valoradas ambientalmente con el fin de definir la mejor y en su caso mitigar la seleccionada.

Basados en atributos ambientales de las distintas zonas por las que podría atravesar un trazo, por superposición de mapas mediante sistemas de información geográfica, podríamos determinar las alteraciones y ventajas del mismo y de trazos alternos o de variantes, tomando variables de comparación mediante la superposición y

medición de mapas de polígonos elaborados a partir de imágenes satelitales.

De igual manera y en casos especiales como sectores de endemismos, rutas migratorias, pasos de fauna, bosques prístinos u otras áreas de evidente cuidado podrían mapificarse presentando las mismas además de espacialmente, con una valoración específica que sea acorde a la metodología.

Cuando realizamos la valoración de los impactos en proyectos viales, el método matricial, si bien permite el tratamiento de una gran cantidad de información, la misma se limita a valores cualitativos diferenciando hasta dos tramos, pues diferenciar un mayor número de tramos y tomar en cuenta al mismo tiempo las variantes implicaría el manejo de muchísima información, que bien podría realizarse, pero causando confusión y poca concentración en el grupo de especialistas obteniendo valores no del todo concretos y sujetos a varios errores. En este sentido y por la importancia que merece un proyecto vial en relación a trazo y alternativas, consideramos la necesidad de generación de un método gráfico, de manera que los sub sistemas más afectados sean representados en los distintos mapas resultados.

El presente método permite observar directamente sobre el trazo del proyecto la incidencia de distintos aspectos de interés sin tener la necesidad de dividir el mismo en tramos tratando como manchas de un solo color cada tramo y perdiendo información valiosa de sectores puntuales, además permitiría ubicar espacialmente las medidas de mitigación posteriores.

MATERIALES Y MÉTODOS

Un estudio de evaluación de impacto ambiental plantea como objetivos generales la identificación, prevención y mitigación de impactos generados por las distintas actividades del proyecto sobre un medio ambiente dado y que de una u otra manera podrían afectar subsistemas, factores y subfactores ambientales durante las distintas fases de la actividad.

En nuestro País (Bolivia), el proceso de elaboración de un Estudio de Evaluación de Impacto Ambiental (EEIA) es regido conforme la Ley 1333 de Medio Ambiente y su Reglamento de Prevención y Control Ambiental (RPCA), en el cual se detalla el contenido del documento indicando claramente la necesidad de identificación, predicción y valoración de impactos, En el caso específico de carreteras es importante iniciar el proceso de evaluación contando con los siguientes insumos o con la siguiente información:

- El planteamiento claro del trazo definido por el proyectista y las distintas alternativas o variantes de importancia.
- Una descripción completa del proyecto y sus acciones.
- El inventario ambiental completamente desarrollado y teniendo muy clara la situación actual.
- El conocimiento de la percepción, interés y opinión de la población afectada (Consulta pública).

En el presente caso y luego de realizar la identificación de impactos mediante el método matricial, apreciando la subjetividad del mismo y la reducida practicidad en el caso de requerir el análisis de variantes, buscamos entender las afecciones reales sobre el medio, procediendo a fragmentar la matriz de acciones y factores en elementos que podríamos lograr traducir en mapas mediante Sistemas de Información Geográfica, S.I.G., apegándonos a los subsistemas diferenciados: Inerte, Biótico y Socioeconómico, de manera de incluir en ellos la generalidad del medio ambiente. Bajo este concepto consideramos que el subsistema inerte (aire, agua, suelo), puede ser representado por un mapa de riesgos a la erosión y deslizamientos; el subsistema biótico, por el mapa de uso del suelo y el subsistema socioeconómico, por un mapa de conveniencia socioeconómica. Aclaramos que los aspectos puntuales como zonas de hábitat específicos u otros se deben considerar de manera separada y específica.

El método es planteado trabajando sobre un proyecto en el departamento de Tarija, Bolivia, específicamente en la carretera Puerta del Chaco - Villa Montes, misma que presenta desafíos tanto por su longitud,

como por la opción de variantes y por los diferentes pisos ecológicos que atraviesa, permitiendo observar directamente sobre el trazo del proyecto la incidencia de distintos aspectos de interés sin tener la necesidad de dividir el mismo en tramos y perdiendo información valiosa de sectores puntuales, además permite ubicar espacialmente las áreas de mitigación posteriores, evidentemente a la escala de uso.

Presentamos a continuación los datos generales del proyecto extraídos del Estudio:

Nombre: Asfaltado tramo vial "Puerta del Chaco – Villa Montes"

Ubicación: País: Bolivia (Ver Figura 4)

Departamento: Tarija

Provincias: Cercado, O'Connor y Gran Chaco

Municipios: Cercado, Entre Ríos y Villa Montes

Comunidades por las que atraviesa el trazo actual: Junacas, Abra El Condor, Piedra Larga, Canaletas, El tambo, Pinos, Narváez, San Diego Sud, Castellón, El Badén, Entre Ríos, Pajonal, San Simón, Sereré, Bereti, Tacuarandi, Cañadas, Lagunitas, Palos Blancos, Agua Hedionda, Timboycito, El Chorro, Villamontes.

A grandes rasgos y de manera introductoria, el proyecto tiene ámbito espacial en el sur del país, dentro del Departamento de Tarija y atravesando el mismo de Oeste a Este, iniciando su recorrido a 22 Km. de la ciudad de Tarija en el punto denominado Puerta del Chaco y finalizando el mismo en la ciudad de Villamontes, abarcando localidades de importancia como Entre Ríos y Palos Blancos.

A lo largo de sus aproximadamente 200 Km. Tomando como punto de inicio Puerta del Chaco, atraviesa varias serranías, presentando un trazo con mucha variación en cuanto a altitudes, siendo el punto más alto casi al inicio se encuentra sobre los 3100 msnm. (Abra el Cóndor), finalizando en Villa Montes a los 580 msnm.

El tramo vial implica la futura carretera Tarija – Villamontes, de vinculación entre la capital del Departamento y el Chaco Tarijeño.

Dentro de este contexto es innegable que se trata de una prioridad que podríamos llamar la vertebración longitudinal de Tarija, es decir una vía que atraviese el Departamento desde el extremo oeste al extremo este en toda su longitud.

La carretera longitudinal, además de la vertebración departamental en el sentido de mayor recorrido, es, a no dudarlo, un importantísimo nexo entre las redes ferroviarias occidental y oriental, permitiendo en consecuencia, el transporte desde los centros de producción (nuestra llanura chaqueña, valles subandinos y zona alta lo que significa producción de tres climas), hasta los centros de consumo.

Ampliando este horizonte, permite la vinculación indirecta entre el Pacífico y el Atlántico y en consecuencia la vinculación de ultramar con todos los continentes.

En el extremo oeste en el límite departamental, en la localidad de "El Puente" tenemos la fábrica de cemento y al oriente, importantes reservas gasíferas que representan los hitos extremos del desarrollo Tarijeño, entre ellos se encuentran establecidas industrias, obras ya ejecutadas e importantes proyectos.

Desde el extremo oeste donde se encuentra la fábrica de cemento "El Puente" hasta el extremo este del límite fronterizo con la Rep. Paraguay vincula cuatro de las seis provincias del departamento en forma directa y las dos restantes mediante el ramal Tarija – Concepción y la carretera Tarija – Padcaya.

El proyecto en sí ha sido dividido por tramos de acuerdo a las características de diseño definidas para cada uno de ellos, los cuales se corroboraron de acuerdo a la cantidad del tráfico proyectado y la configuración topográfica.

Tabla 1. Tramos del Proyecto

TRAMO Nº	DESCRIPCIÓN	INICIO (KM)	FINAL (KM)	LONG (KM)
1	Puerta del Chaco – Canaletas	0+000	34+100	34.10
2.a	Canaletas – Entre Ríos (Trazo Actual)	0+000	35+000	35.00
2.b	Canaletas – Entre Ríos (Variante)	0+000	24+000	24.00
3	Entre Ríos-Palos Blancos	0+000	67+500	67.50
4	Palos Blancos - Villamontes	67+500	119+700	52.20

Fuente: Diseño del Servicio Departamental de Caminos

Tramo Puerta del Chaco - Abra del Cóndor

En general en este tramo no se presentan complicaciones relevantes, en lo que se refiere al cumplimiento de las especificaciones mínimas para el diseño, ya que la topografía permite el empleo de curvas amplias, exceptuando algunos sectores, pero en ninguno de ellos se requiere dimensionar curvas menores a 60m. La pendiente máxima utilizada es del orden del 7% en longitudes que no afectaran la marcha de los vehículos tipo de diseño.

Tramo Abra del Cóndor - Canaletas

A consecuencia de la existencia de muchos desniveles (Abras y cruces de ríos) se está obligado a emplazar pendientes del orden del 8% en distancias superiores a los 300 m, fuera de los límites especificados en las normas, entre las progresivas 21+000 hasta 23+100 donde se desciende desde una altura 2615 m (Abra el Cóndor) hasta 2455 m.

Tramo Canaletas – Entre Ríos.

Para el diseño geométrico de este tramo, se ha tratado en lo posible de conservar la infraestructura existente de la carretera actual, mejorando en algunos casos radios de curvatura y pendientes. Como se mencionó anteriormente en este tramo se pueden notar dos sectores en los cuales se debió realizar un análisis especial en cuanto al alineamiento horizontal. El primer sector es el denominado angosto de canaletas en cual se observa la presencia de macizos de roca que forman taludes verticales al lado derecho de la vía y en el lado izquierdo se tiene la presencia del río Canaletas que obliga a emplazar obras de protección y la construcción de muros de contención con el fin de estabilizar la futura plataforma, en este sector se trató de seguir el alineamiento de la carretera actual con el fin de minimizar el corte en roca. El otro sector complicado se presenta en la bajada de Castellón km 23+900, desde el cual se tiene que vencer una altura de 180m en una distancia de 2 km. En este sector es inevitable el uso de pendientes cercanas al 9% y radios de curvatura iguales a 40m, por razones técnicas.

Tramo Entre Ríos Villamontes

El eje, en términos generales, cumple con las especificaciones de trazado considerando la topografía muy accidentada de la zona, en especial el tramo que se desarrolla sobre la serranía del Aguaragüe con la inclusión de dos túneles.

ALTERNATIVAS DE TRAZO

Se presentan a lo largo del trazo dos variantes o trazos alternativos de importancia:

El primer trazo alternativo tiene lugar entre Canaletas y Entre Ríos, donde se estudiaron dos soluciones:

Solución 1: Sigue en su mayor parte el trazo del camino existente, con el criterio de mejorar las curvas, ensanchar la plataforma y suavizar las pendientes. Se denomina tramo 2a.

Solución 2: Común con la Solución 1 hasta el sector de Canaletas – Rancho Tambo, a partir de donde el trazado se desarrolla por la quebrada El Tambo y río Santa Ana hasta Entre Ríos. Se denomina tramo 2b.

El segundo trazo alternativo tiene lugar entre Palos Blancos y Villa Montes, en el sector de Itacua, aproximadamente en el Km. 184, donde se cuenta con dos soluciones:

Solución 1: desarrollada en su mayor parte sobre el camino existente con el criterio de ampliar las curvas, ensanchar la plataforma y suavizar las pendientes, para poner estas características, dentro de lo posible, de acuerdo con las especificadas. Se denomina tramo 4 actual

Solución 2: común con la solución 1 hasta Itacua, desde donde continúa en dirección este para cruzar la Serranía del Aguaragüe cerca del nacimiento de la quebrada San Marcos y empalmar con el camino Villamontes – Yacuiba cerca del Palmar. Esta solución prevé la construcción de dos túneles, con aproximadamente 850 y 200 m. de longitud total. Se denomina tramo 4.

Tabla 2. Resumen de Parámetros de Diseño

CARACTERÍSTICA	PUERTA DEL CHACO - CANALETAS	CANALETAS – ENTRE RÍOS	CANALETAS ENTRE RÍOS (VARIANTE)	ENTRE RÍOS – VILLA MONTES
CATEGORÍA	II	II	II	II
VOL. TRANSITO DIARIO	1518	783		588/642
CALZADA	Doble	Doble	Doble	Doble
CARRIL	Simple	Simple	Simple	Simple
TOPOGRAFÍA	Montañosa	Montañosa	Montañosa	Montañosa
VEL DIREC (Km. /hr.) DES/ADM	50/40	50/40	50/40	50/40/35
PERALTE MÁX (%)	8	8	8	12
RADIO MIN (m) DES/ADM	80/50	80/50	80/50/40	50/30
PENDIENTE MAX EN RECTAS (%)	8	8	8	9
DIST MIN VISIBILIDAD FRENA-DO(m) DES/ADM	65/45	65/45	65/45	65/45
K EN CURVAS CONVEXAS (m)	9/4	9/4	9/4	9/4
EN CURVAS CONCAVAS (m)	12/7	12/7	12/7	12/7
SEC TRANSV	9	9	9	9
ANCHO DE CARRIL (m)	3.5	3.5	3.5	3.5
ANCHO DE BERMAS (m)	1	1	1	1
GALIBO VERT. MIN (m)	5.5	5.5	5.5	5.5
GALIBO HORIZ MIN (m)	0.5	0.5	0.5	0.5
PEND. SECC TRANSV (%) Z.HUMEDA	3	3	3	3
PEND. BERMAS	3	3	3	3
LONG DE TRANSICIÓN (m)	40	40	40	40/30
SOBREANCHOS ENTRE CUR-VAS HORIZ. (m)	1.5	1.5	1.5	1.5
ANCHO DE CUNETA (m)	0.4	0.4	0.4	0.4

Fuente: Diseño del Servicio Departamental de Caminos

Con esta introducción al proyecto nos podemos inmiscuir en la descripción de la valoración:

Si logramos generar mapas de polígonos con distinta sensibilidad sobre cada subsistema podemos valorar el paso de una obra lineal a través de los mismos mediante el producto de la calificación de sensibilidad de cada polígono por la longitud de paso de la obra lineal sobre el mismo, de esta manera iniciamos definiendo los mapas de polígonos representativos a cada subsistema:

Para el subsistema inerte, que está compuesto por los factores aire, agua y suelo, consideramos un mapa de riesgo a la erosión hídrica y deslizamientos, en el que representamos la sensibilidad de estos factores mediante el cruce de los mapas de geología, fisiografía, vegetación y pendientes.

Para el subsistema biótico, consideramos el mapa de uso actual del suelo, pues representa directa e indirectamente el subsistema dado que los distintos usos representan la sensibilidad de la biota.

Para el subsistema socioeconómico, debemos generar un mapa representativo del mismo considerando los centros poblados, la densidad poblacional, la accesibilidad y el uso del suelo.

De esta manera logramos globalizar de manera general el medio en estos subsistemas, por lo que Inicialmente, como se indicó, se propone la mapificación de estos tres aspectos:

1. Riesgo a la erosión hídrica y deslizamientos
2. Uso actual del suelo
3. Conveniencia socioeconómica

Estos aspectos podrían incrementarse en base a las consideraciones posteriores, que se vayan encontrando, buscando representatividad de aspectos específicos difíciles de mostrar o definir y de aspectos globales de interés general que ayuden a la toma de decisiones.

De esta manera, procedemos en cada subsistema para obtener los mapas base del método desarrollándolos como sigue:

RIESGO A LA EROSIÓN HÍDRICA Y DESLIZAMIENTOS

Este mapa es el formado por la confrontación espacial de los polígonos correspondientes al mapa de geología, fisiografía, vegetación y pendientes.

El concepto de riesgo a la erosión hídrica y deslizamientos está representado por la probabilidad que se produzca un daño por el desprendimiento de las partículas del suelo y roca en función de los agentes o factores que intervienen.

Este mapa, por las características y la información que incluye, debe representar una zonificación del territorio del área de estudio de impacto ambiental de cualquier proyecto u obra vial en términos del grado de riesgo a la erosión que presentan los diferentes paisajes. Este mapa, cuya obtención, orientara la planificación espacial de acciones ya sea para mantener la situación actual o para controlar, disminuir o revertir procesos erosivos de acuerdo al grado de riesgo y a las características que presentarían los paisajes geomorfológicos, presenta el eje de la obra vial atravesando los diferentes polígonos de riesgo.

La estimación del riesgo a la erosión se realiza a partir de los parámetros de cada mapa temático en base al grado de pertenencia con el concepto del riesgo a la erosión, para lo que consideramos los siguientes mapas temáticos o de polígonos:

Riesgo geológico

El riesgo geológico a la erosión, está determinado por aquellas características de las formaciones geológicas superficiales que hacen más o menos resistentes o susceptibles a la erosión como: Dureza, granulometría, estratificación, fracturamiento, densidad de drenaje, deleznabilidad y permeabilidad, entre otras.

Riesgo fisiográfico y de suelos

Es la respuesta del paisaje fisiográfico y de los suelos a procesos erosivos; está relacionado con características relativas al origen, litología, relieve, forma de la pendiente y aspectos edáficos como la estructura del suelo que determinan procesos geomorfológicos y de erosión en el paisaje.

Grado de protección

Es el grado de protección que ofrece la vegetación natural al suelo frente a la acción erosiva del agua; se estima a partir de parámetros como: Cobertura vegetal, y profundidad de enraizamiento, es básicamente el mapa de polígonos de vegetación.

Interacción de los riesgos

Definimos en el presente trabajo los grados de riesgo por mapa temático, para luego proceder al análisis espacial del riesgo a la erosión hídrica a través de una confrontación sucesiva de los tipos de riesgos.

La confrontación espacial entre los riesgos geológicos con el riesgo fisiográfico y de suelos definirá un mapa de riesgos geológico-fisiográficos y de suelos. Esta confrontación la producimos mediante una matriz de valoración de pixeles aplicada mediante SIG en cada polígono de superposición, con las valoraciones siguientes:

Matriz de cruce del riesgo fisiográfico con riesgo geológico

Equivalencias:

1.- Riesgo muy bajo
2.- Riesgo bajo
3.- Riesgo moderado
4.- Riesgo alto
5.- Riesgo muy alto

Tabla 3. Riesgo geológico

RIESGO FISIOGRÁFICO / GRADO DE RIESGO	1	2	3	4	5
1	1	1	2	3	4
2	1	2	3	4	4
3	2	3	3	4	4
4	3	3	4	4	5
5	4	4	4	5	5

A riesgos Bajos, puntuaciones bajas y a riesgos altos puntuaciones altas en un total de 5 rangos, cuyo cruce define la puntuación de los pixeles del nuevo mapa.

El mapa producto de la interacción anterior, se confronta con el grado de protección vegetal o mapa de vegetación para obtener el mapa de riesgo geológico-fisiográfico, de suelos y protección vegetal mediante una matriz de valoración de pixeles en cada polígono de superposición, con las siguientes valoraciones consideradas:

Matriz de cruce del riesgo geológico - fisiográfico y de suelos con el grado de protección vegetal.

Equivalencias:

1.- Riesgo muy bajo
2.- Riesgo bajo
3.- Riesgo moderado
4.- Riesgo alto
5.- Riesgo muy alto

Tabla 4. Grado de protección

RIESGO GEOLÓGICO FISIOGRÁFICO / Grado de riesgo	1	2	3	4	5
1	1	1	2	3	4
2	1	2	2	3	4
3	2	2	3	4	5
4	3	3	4	4	5
5	4	4	5	5	5

De igual manera que en el producto anterior, a riesgos Bajos, puntuaciones bajas y a riesgos altos puntuaciones altas en un total de 5 rangos.

El mapa resultado de riesgo geológico- fisiográfico, de suelos y protección vegetal confrontado con el mapa de pendientes, determina el mapa de riesgos a la erosión hídrica y deslizamiento del área de estudio de impacto ambiental.

Dicha confrontación se plantea con una matriz de valoración de pixeles como la siguiente:

Matriz de cruce del riesgo geológico – fisiográfico - protección con pendientes.

Equivalencias:

1.- Riesgo muy bajo
2.- Riesgo bajo
3.- Riesgo moderado
4.- Riesgo alto
5.- Riesgo muy alto

Tabla 5. Pendientes

RIESGO GEOLOGICO FISIOGRÁFICO PROTECCIÓN	0-10	10-20	20-30	30-60	>60%
1	1	2	3	4	4
2	2	3	3	4	5
3	3	4	4	5	5
4	3	4	5	5	5
5	4	4	5	5	5

Como resultado de este último obtenemos un mapa de riesgos a la erosión y deslizamiento que se presenta en la Figura 1, el cual, en función a los resultados se podría someter a un proceso de ajuste por retro-alimentación, ya sea con cada uno de los mapas temáticos de riesgos y los mapas de riesgos sucesivos aplicando la confrontación descrita por medio de las matrices respectivas, o por información específica recogida en campo.

En este mapa se pretende mostrar el trazo de la obra vial sobre un mapa de polígonos diferenciados por color y riesgo de erosión, pudiendo ubicar espacialmente los puntos más sensibles a evitar o donde se aplicarán las medidas de mitigación necesarias.

2. MAPA DE USO ACTUAL DEL SUELO

El mapa de uso actual del suelo se elabora partiendo como base de los diferentes tipos de vegetación natural, que se han delimitado a partir de los criterios empleados en el mapa de Vegetación de la Zonificación Agroecológica del departamento sobre el cual se trabaja. A la fecha, todos los Departamentos de Bolivia cuentan con el Mapa de Uso Actual del Suelo, que comprende la Integración de variables fisiográficas, climáticas, la gradiente altitudinal, fisonomía y la composición florística dominante en base a la leyenda mundial de Vegetación de la FAO/UNESCO adaptada a las condiciones geográficas y ecológicas del territorio.

El área de influencia del proyecto, presenta 25 tipos de vegetación, los mismos que fueron clasificados tomando en cuenta las clases y subclases de formación para definir las respectivas unidades de uso actual del suelo como se muestra en el cuadro siguiente y se pueda apreciar en el mapa correspondiente (Figura 2.), donde se resumen las principales características de uso, florísticas y espaciales de los tipos diferenciados.

Es decir que tomaríamos este mapa como insumo en el presente trabajo.

3. CONVENIENCIA SOCIOECONÓMICA

El mapa de conveniencia socioeconómica se propone mediante la confrontación espacial entre el mapa de densidad poblacional del área de influencia del proyecto con el mapa de accesibilidad obteniéndose un mapa que a priori podemos denominar: Cruce 1.

Esta confrontación se plantea bajo criterio de valoración de la matriz siguiente:

Matriz de cruce Densidad poblacional – Accesibilidad al camino

Equivalencias:

1.- Muy bajo
2.- Bajo
3.- Moderado
4.- Alto
5.- Muy alto

Tabla 6. Densidad poblacional

ACCESIBILIDAD CAMINO	Muy Baja	Baja	Moderada	Alta	Muy Alta
> Nro horas	1	1	2	3	4
X+2 horas	1	2	2	3	4
X+1 horas	2	2	3	4	5
X horas	3	3	4	4	5
< Nro horas	4	4	5	5	5

Los 5 rangos en este caso son de densidad poblacional, desde muy baja hasta muy alta.

Se analiza la accesibilidad en función a número de horas que se tarda en llegar al sitio desde el acceso más cercano, evidentemente si se cuenta con una carretera asfaltada, el tiempo será el mínimo, si es de ripio se incrementará el tiempo, si solo se accede por un camino vecinal en mal estado seguirá creciendo hasta el tiempo máximo en caso de ingreso a pie o inaccesible.

Por otra parte, del mapa de uso actual del suelo, es posible deducir un mapa de potencial agropecuario, es decir, que áreas aptas de producción agropecuaria según su uso serían beneficiadas con una obra vial y por el contrario, áreas con bajo potencial serían impactadas negativamente con la obra vial.

Es decir, aprovechamos el mapa de uso del suelo redefiniendo la denominación de sus polígonos: al polígono de Bosques densos lo redefinimos como de bajo potencial agropecuario y a los polígonos de uso actual agrícola los redefinimos como de alto potencial agropecuario, es decir valoramos las áreas en actual uso productivo, para las cuales es muy útil el proyecto u obra vial como sigue:

Redefinición del Mapa de Uso actual del suelo

Uso Actual del suelo	Potencial Agropecuario
Bosques densos	Muy Bajo potencial
Bosques medios	Bajo potencial
Bosques ralos y matorrales	Moderado potencial
Praderas	Moderado potencial
Uso agrícola	Muy alto potencial

Podemos redefinir los rangos, según el número de polígonos del mapa de uso del suelo atravesemos con nuestra obra vial.

El mapa denominado Cruce 1 (de densidad poblacional y accesibilidad), confrontado con el mapa de Potencial agropecuario, determinará el mapa que denominaremos de conveniencia socioeconómica del área de influencia de la obra vial.

Dicho mapa denominado de conveniencia socioeconómica es producto de la confrontación espacial de los 5 rangos de polígonos de los mapas Cruce 1 y de uso de suelos redefinido como de potencial agropecuario.

Dicha confrontación se plantea con una matriz de valoración de pixeles como la siguiente:

Matriz de cruce Potencial agropecuario – Cruce 1

Equivalencias:

1.- Muy bajo
2.- Bajo
3.- Moderado
4.- Alto
5.- Muy alto

Tabla 7. Potencial

CRUCE 1	Muy Baja	Baja	Moderada	Alta	Muy Alta
Muy baja	1	1	2	3	4
Baja	1	2	2	3	4
Moderada	2	2	3	4	5
Alta	3	3	4	4	5
Muy alta	4	4	5	5	5

Como resultado de este último paso, obtenemos un mapa de conveniencia socioeconómica, que presentamos en la Figura 3, el cual, en función a los resultados, también se podría someter a un proceso de ajuste por retro-alimentación, ya sea con cada uno de los mapas temáticos aplicando la confrontación descrita por medio de las matrices respectivas, o por información específica recogida en campo.

En este mapa, conceptualizado para el presente trabajo, se pretende mostrar el trazo de la obra vial sobre un mapa de polígonos diferenciados por color y conveniencia socioeconómica del mismo, pudiendo ubicar espacialmente los puntos o sectores de mayor o menor "conveniencia" y dirigir labores a la menor conveniencia o variantes hacia la mayor conveniencia.

Herramienta SIG

Los mapas fueron trabajados en ArcGis 10.5, la información cartográfica esta en formato .shp (shapefile) de ESRI.

Figura 1: Riesgo de Erosión Hídrica y Deslizamientos

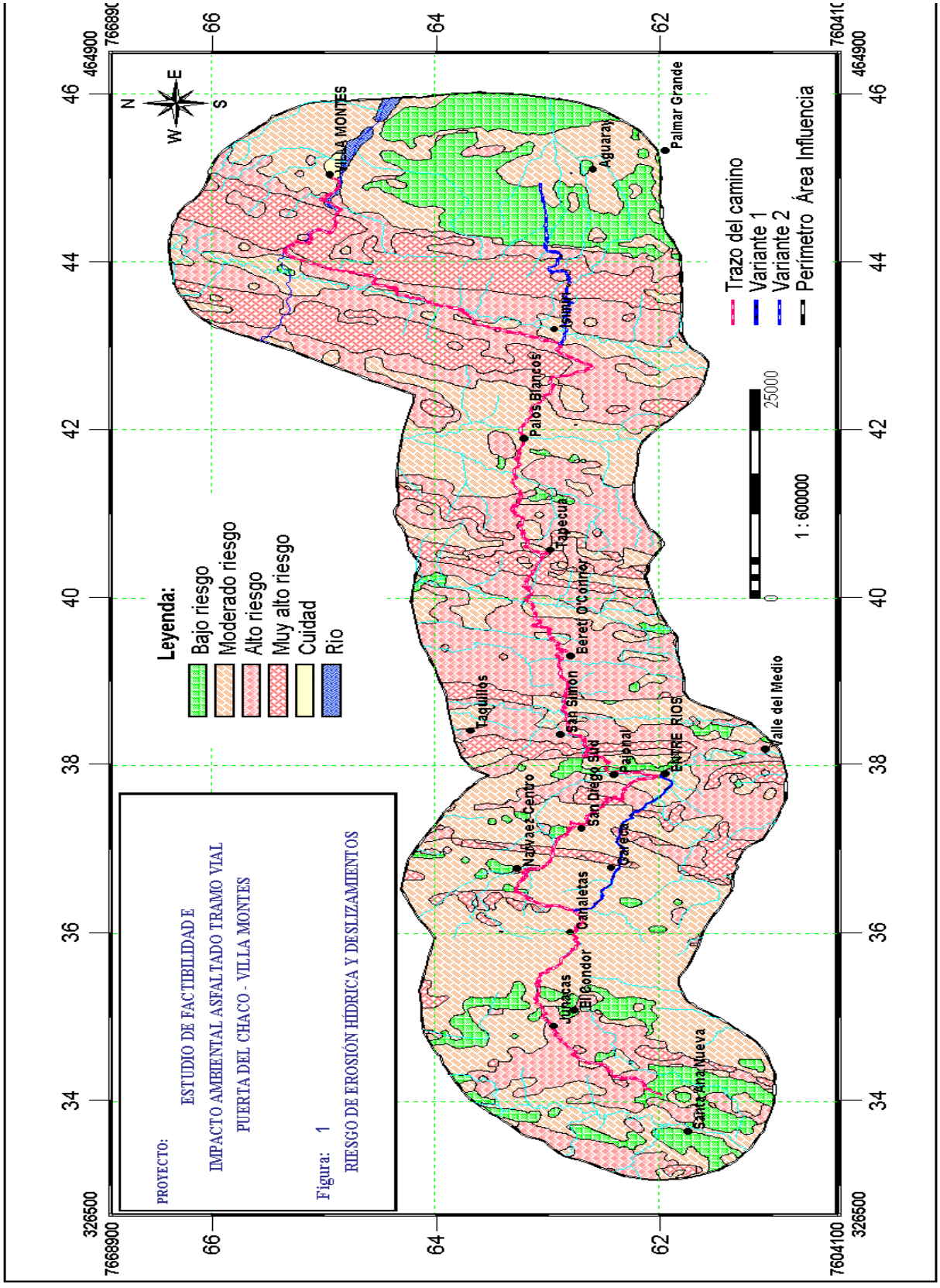


Figura 2. Uso Actual del Suelo

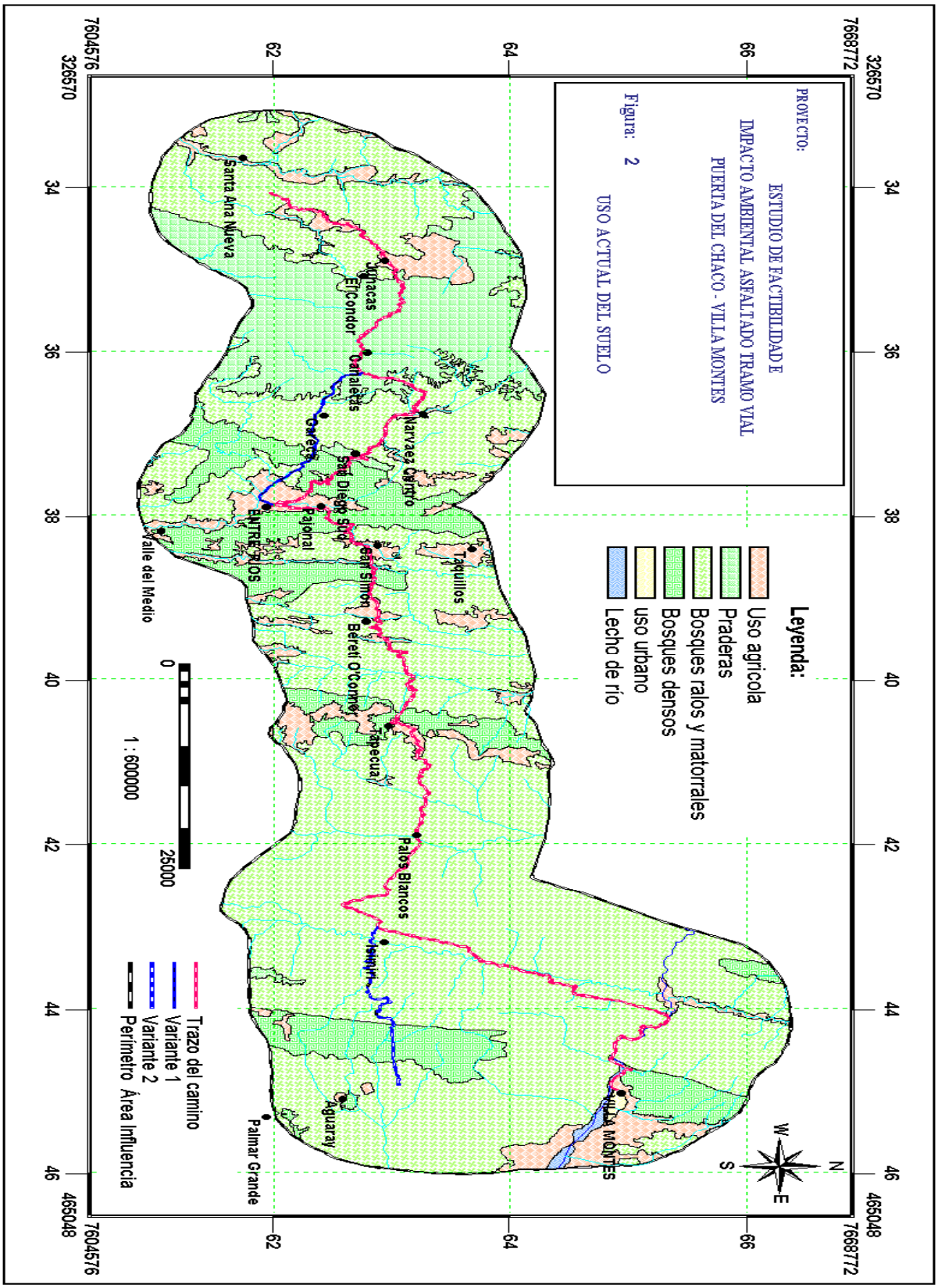


Figura 3. Conveniencia Económica

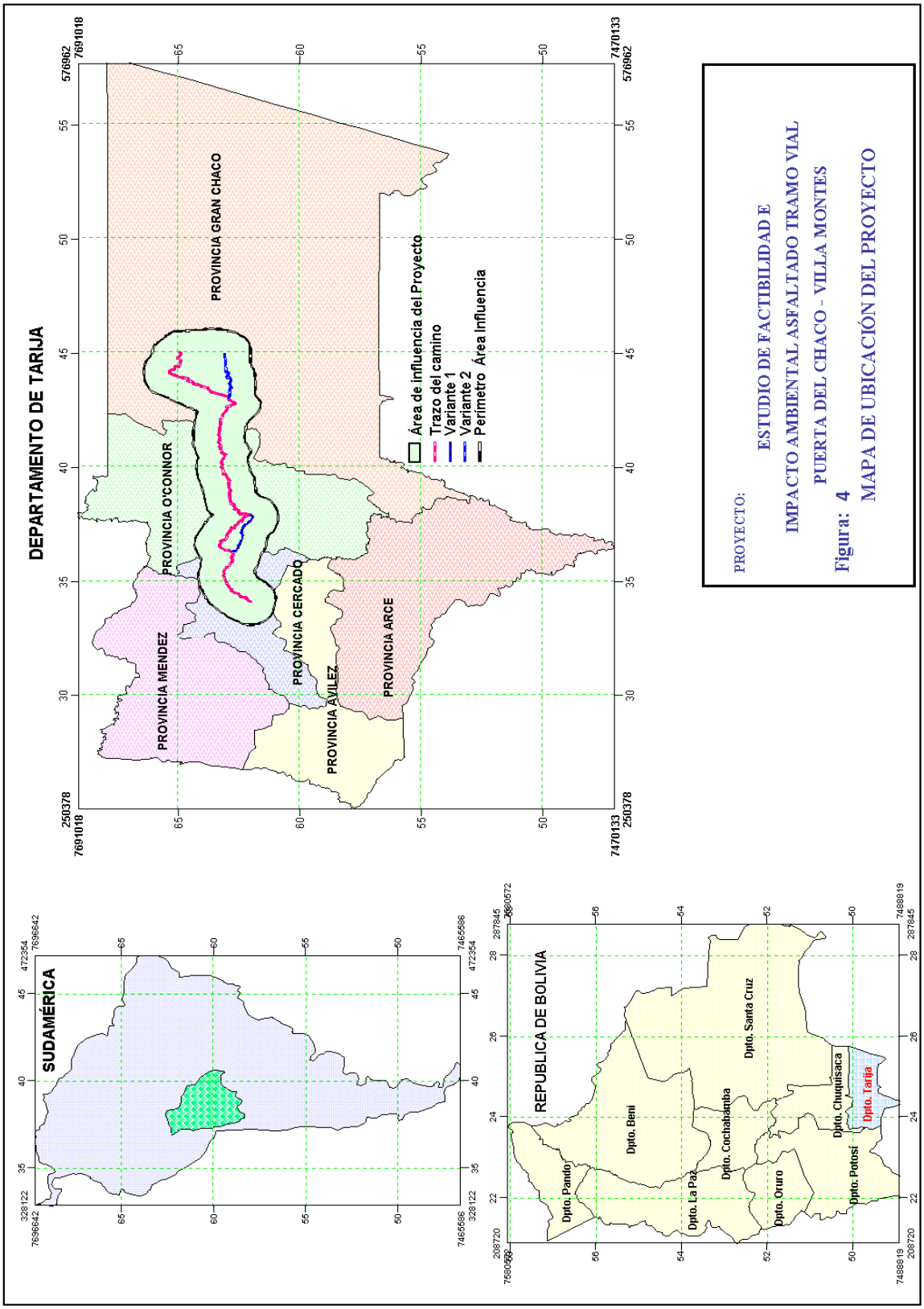
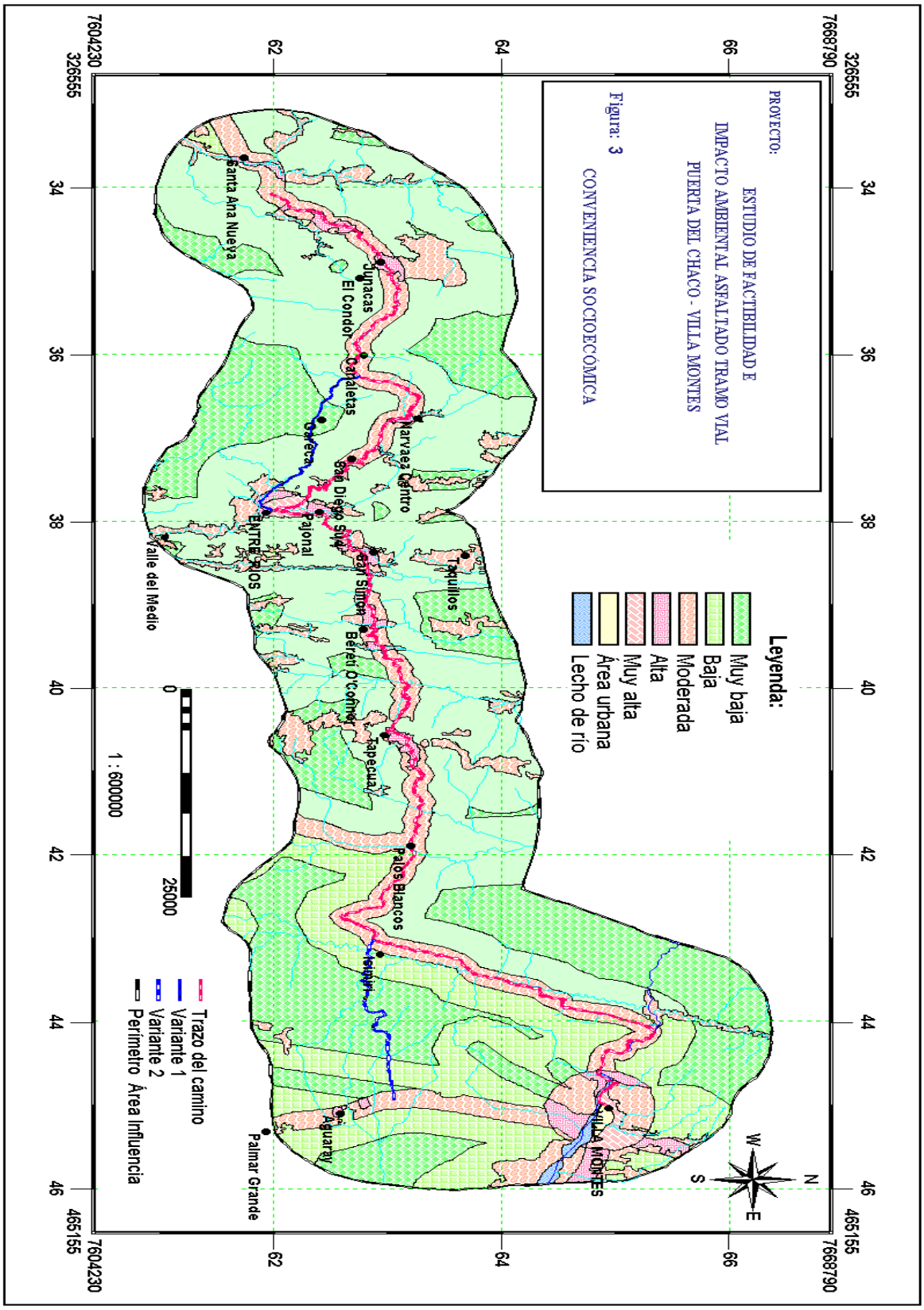


Figura 4. Ubicación del Proyecto



ESTRATEGIA DE VALORACIÓN 1: SEGÚN VARIABLES MAPIFICADAS:

La estrategia de valoración se propone como la cuantificación de las distancias de la obra vial sobre los diferentes polígonos en los tres mapas, producto del cruce gráfico de píxeles.

Es decir, sobre el mapa de riesgos se coloca el trazo de la ruta y se miden las distancias que atraviesa el trazo sobre cada polígono de riesgo obteniendo una tabla con los distintos valores de riesgo y la longitud en kilómetros de la ruta sobre esa área. Posteriormente, se multiplican los valores en distancias por índices de calificación que varían entre 1 y 5, siguiendo con el ejemplo de riesgos, multiplicaremos el número de kilómetros por los que el trazo atraviesa zonas de muy alto riesgo (o los polígonos que representen muy alto riesgo) por el índice de calificación de 5 y de similar manera, multiplicaremos el número de kilómetros por los que el trazo atraviesa zonas de muy bajo riesgo por el índice 1; los índices de calificación de 2, 3 y 4 corresponden al número de kilómetros por los que el trazo atraviesa zonas de riesgo intermedio. De esta manera obtenemos una columna de calificación con valoración de riesgo y longitud de exposición al riesgo. Se procede de similar forma con el mapa de Uso actual del suelo y el de Conveniencia Socioeconómica, realizando la valoración tanto para la obra vial como para las variantes o en la combinación que se requiera.

De esta manera a valores mayores, son también mayores los impactos y evidentemente longitudes mayores de trazo suman mayores valores de impacto.

A. Valoración del Riesgo a la Erosión Hídrica y Deslizamientos

Procediendo de la forma descrita líneas arriba el primer paso consiste en extraer del mapa de la Figura 1. Las distancias del trazo sobre los distintos polígonos de riesgo obteniendo la Tabla 8 y 9:

Siguiendo el trazo actual:

Tabla 8. Distancias de trazo actual según riesgo

riesgo _ camino	Trazo - actual	%	distancia Km.
Bajo riesgo	Trazo del camino	6	12
Moderado riesgo	Trazo del camino	44	93
Alto riesgo	Trazo del camino	39	82
Muy alto riesgo	Trazo del camino	10	21
Rio	Trazo del camino	1	2
		100	**210**

Considerando las variantes:

Tabla 9. Distancias de trazo con variantes según riesgo

Riesgo Camino	Trazo - Variante	%	Km.
Bajo riesgo	Trazo del camino	2	4
Bajo riesgo	Variante 2	4	7
Moderado riesgo	Trazo del camino	35	60
Moderado riesgo	Variante 1	10	17
Moderado riesgo	Variante 2	2	4
Alto riesgo	Trazo del camino	32	55
Alto riesgo	Túneles	0	1
Alto riesgo	Variante 1	1	1
Alto riesgo	Variante 2	5	8
Muy alto riesgo	Trazo del camino	3	5
Muy alto riesgo	Túneles	0	0
Muy alto riesgo	Variante 1	2	3
Muy alto riesgo	Variante 2	3	6
Total		**100**	**171**

Notemos la reducción de la longitud de la carretera en el trazo con variantes, de 210 Km. por el trazo actual a 171Km. por el trazo con variantes, con una reducción en la longitud de intervención de 39 Km. de longitud.

Procedemos ahora con la valoración en sí, tomando valores del 1 al 5 para obtener una calificación final producto del valor asignado al polígono por la distancia que la ruta atraviesa por el mismo. Las valoraciones se presentan en la siguiente Tabla:

Tabla 10. Valoraciones según Riesgo

Riesgo - camino	Valoración
Muy Bajo riesgo	1
Bajo riesgo	2
Moderado riesgo	3
Alto riesgo	4
Muy Alto riesgo	5

Evidentemente los valores más altos corresponden a situaciones ambientales más desfavorables, como se muestran en las Tablas 11 y 12:

Tabla 11. Valoraciones según distancia y riesgo siguiendo el trazo actual

Riesgo Actual	%	Km.	Índice	Valor
Muy Bajo	0	0	1	0
Bajo riesgo	6	12	2	24
Moderado riesgo	44	93	3	279
Alto riesgo	39	82	4	328
Muy alto riesgo	10	21	5	105
Río	1	2	5	8
	100	**210**		**744**

Tabla 12. Valoraciones según distancia y riesgo siguiendo el trazo con variantes

Tramo	Riesgo-c/Variantes	%	Km.	Índice	Valor
	Muy Bajo	0	0	1	0
Trazo del camino	Bajo riesgo	2,2	3,8	2	8
Variante 2	Bajo riesgo	4,4	7,5	2	15
Trazo del camino	Moderado riesgo	35,3	60,3	3	181
Variante 1	Moderado riesgo	10,0	17,0	3	51
Variante 2	Moderado riesgo	2,4	4,2	3	12
Trazo del camino	Alto riesgo	31,9	54,5	4	218
Túneles	Alto riesgo	0,3	0,5	4	2
Variante 1	Alto riesgo	0,7	1,2	4	5
Variante 2	Alto riesgo	4,8	8,1	4	33
Trazo del camino	Muy alto riesgo	2,9	4,9	5	24
Túneles	Muy alto riesgo	0,2	0,4	5	2
Variante 1	Muy alto riesgo	1,6	2,8	5	14
Variante 2	Muy alto riesgo	3,2	5,5	5	28
	Total	**100,0**	**170,9**		**593**

B. Valoración del Uso del Suelo

De igual manera que el aspecto de riesgo procedemos extrayendo del mapa de la Figura 2, las distancias del trazo sobre los distintos polígonos de uso del suelo y procedemos con la valoración para obtener una calificación final producto del valor asignado al polígono por la distancia que la ruta atraviesa por el mismo.

Las valoraciones se presentan en las Tablas 13 y 14.

Tabla 13. Valoraciones según distancia y uso del suelo siguiendo el trazo actual

Uso Suelo	%	Km.	Índice	Valor
Uso agrícola	21	44	2	88
Bosques ralos y matorrales	59	123	4	493
Praderas	11	22	3	67
Bosques densos	8	17	5	87
Urbano	1	3	1	3
Total	**100**	**210**		**738**

Tabla 14. Valoraciones según distancia y uso del suelo siguiendo el trazo con variantes

Tramo	Uso - suelo	%	Km.	Índice	Valor
Trazo del camino	Uso agrícola	21	36	2	72
Variante 1	Uso agrícola	2	4	2	8
Trazo del camino	Bosques ralos y matorrales	36	62	4	246
Túneles	Bosques ralos y matorrales	1	1	4	4
Variante 1	Bosques ralos y matorrales	7	13	4	50
Variante 2	Bosques ralos y matorrales	12	20	4	81
Trazo del camino	Praderas	10	18	3	53
Variante 1	Praderas	2	3	3	8
Trazo del camino	Bosques densos	5	8	5	42
Variante 1	Bosques densos	1	2	5	8
Variante 2	Bosques densos	3	5	5	26
TOTAL		**100**	**171**		**568**

C. Valoración a la Conveniencia socioeconómica

De igual manera que los aspectos riesgo y uso del suelo, procedemos con el producto de las distancias del trazo del mapa de la Figura 3, de cada polígono de conveniencia por la valoración del mismo, para obtener la calificación final.

Las valoraciones se presentan en las Tablas 15 y 16 siguientes:

Tabla 15. Valoraciones según Distancia y Conveniencia Socioeconómica siguiendo el trazo actual

Conveniencia Socioeconómica	%	Km.	Índice	Valor
Muy Baja	0	0	5	0
Baja	8	17	4	67
Moderada	69	145	3	435
Alta	17	35	2	71
Muy alta	4	8	1	8
Lecho de río	2	4	5	20
Área urbana	0	0	1	0
Total	100	210		601

Tabla 16. Valoraciones según Distancia y Conveniencia Socioeconómica siguiendo el trazo con variantes

Tramo	Conveniencia Socioeconómica	%	Km.	Índice	Valor
Túneles	Muy baja	1	1	5	5
Variante 1	Muy baja	3	5	5	24
Variante 2	Muy baja	9	16	5	80
camino	Baja	5	8	4	34
Variante 1	Baja	7	11	4	45
Variante 2	Baja	4	7	4	29
camino	Moderada	46	79	3	237
Variante 1	Moderada	1	2	3	6
Variante 2	Moderada	1	2	3	6
camino	Alta	19	32	2	64
Variante 1	Alta	1	2	2	4
camino	Muy alta	2	4	1	4
Variante 1	Muy alta	1	1	1	1
TOTAL		100	171		539

ESTRATEGIA DE VALORACIÓN 2: SEGÚN ÁREAS DE INTERVENCIÓN (SENSIBILIDAD):

Se debe tomar en cuenta, que el diseño contempla 2 variantes de importancia con intervención en nuevas áreas, y que tanto el trazo actual como la segunda variante atraviesan el área protegida del Aguaragüe, por lo que se ve por conveniente tomar en cuenta estos aspectos mediante un segundo orden de estrategia de valoración, es decir, además de los índices indicados cuya valoración va de 1 a 5, se toman en cuenta un segundo grupo de índices que varían de 1 a 2, tomando el valor de 1 para el trazo sobre la ruta actual, 1.5 para el trazo sobre variante y para trazo actual que atraviesa área protegida y 2 para el trazo sobre variante y dentro de área protegida.

Es decir, se considera que el impacto se multiplica 1.5 veces cuando el diseño sigue por una variante en trazo nuevo en lugar de seguir por la ruta actual, debido a que se produce intervención en nuevas áreas, pues el hecho de intervenir nuevos sectores implica incrementar el impacto en general. Asimismo, el hecho de atravesar con la ruta actual por área protegida implica el incremento del impacto por este mismo valor.

El tramo de variante que además de implicar intervención en nuevas áreas atraviesa también área protegida, se considera que duplica el impacto, por lo que el índice toma el valor de 2.

Este criterio o índice afecta a cada uno de los tres factores mapificados. Importa mencionar que el Índice sensibilidad multiplica directamente el valor de riesgo y no el Nº de kilómetros. Con esto se valoran las zonas no intervenidas y la reserva del Aguaragüe multiplicando los impactos en estas áreas.

De este ejercicio, realizado tanto para las valoraciones de riesgo, uso de suelo y conveniencia socioeconómica se tienen los siguientes cuadros:

A. RIESGO A LA EROSIÓN HÍDRICA Y DESLIZAMIENTOS

El tratamiento de la sensibilidad en el Riesgo a la erosión hídrica y deslizamientos tanto para el trazo actual como para el trazo con variantes se presenta en las Tablas 16 y 17 siguientes:

Tabla 16. Sensibilidad según riesgo siguiendo el trazo actual

Riesgo actual	Valor	Tramo	Índice	C/Sensibilidad
Muy Bajo	0		1	0
Bajo riesgo	24		1	24
Moderado riesgo	279		1	279
Alto riesgo	320		1	320
Muy alto riesgo	62		1	62
Río	8		1	8
Alto riesgo	8	Aguaragüe	1,5	12
Muy alto riesgo	43	Aguaragüe	1,5	65
	744	TOTAL C/Sencib		770

Tabla 17. Sensibilidad según Riesgo siguiendo el trazo con variantes

Riesgo nuevo	Valor riesgo	Tramo	Índice	C/Sensib Riesgo
Muy Bajo	0			
Bajo riesgo	8	Trazo del camino	1	8
Bajo riesgo	15	Variante 2	2	30
Moderado riesgo	181	Trazo del camino	1	181
Moderado riesgo	51	Variante 1	1,5	77
Moderado riesgo	12	Variante 2	2	25
Alto riesgo	218	Trazo del camino	1	218
Alto riesgo	2	Túneles	2	4

Alto riesgo	5	Variante 1	1,5	7
Alto riesgo	33	Variante 2	2	65
Muy alto riesgo	24	Trazo del camino	1	24
Muy alto riesgo	2	Túneles	2	4
Muy alto riesgo	14	Variante 1	1,5	21
Muy alto riesgo	28	Variante 2	2	55
Total	**593**	**Total con sensibilidad**		**720**

B. USO DEL SUELO

De igual manera, el tratamiento del uso del suelo, tanto para el trazo actual como para el trazo con variantes se presenta en las Tablas 18 y 19.

Tabla 18. Sensibilidad según uso del suelo siguiendo el trazo actual

Uso - suelo	Valor	Tramo	Índice	C/Sensibilidad
Uso agrícola	88		1	88
Bosques ralos y matorrales	452		1	452
Praderas	67		1	67
Bosques densos	87		1	87
Urbano	2		1	2
Bosques ralos y matorrales	41	Aguarague	1,5	62
Lecho de río	1	Aguarague	1,5	1
Total	**738**	**Total C/Sensib**		**759**

Tabla 19. Sensibilidad según uso del suelo siguiendo el trazo con variantes

Uso - suelo	Valor uso	Tramo	Índice	C/Sensib Uso
Uso agrícola	72	Trazo del camino	1	72
Uso agrícola	8	Variante 1	2	13
Bosques ralos y matorrales	246	Trazo del camino	1	246
Bosques ralos y matorrales	4	Túneles	2	8
Bosques ralos y matorrales	50	Variante 1	2	75
Bosques ralos y matorrales	81	Variante 2	2	161
Praderas	53	Trazo del camino	1	53
Praderas	8	Variante 1	2	12
Bosques densos	42	Trazo del camino	1	42
Bosques densos	8	Variante 1	2	12
Bosques densos	26	Variante 2	2	52
Total	**598**	**TOTAL CON SENSIBILIDAD**		**746**

C. CONVENIENCIA SOCIOECONÓMICA

Aplicamos el procedimiento al factor denominado Conveniencia Socioeconómica presentando los resultados en las siguientes Tablas (20 y 21).

Tabla 20. Sensibilidad según conveniencia socioeconómica siguiendo el trazo actual

Conveniencia Socioeconómica	Valor	Tramo	Índice	C/ Sensibilidad
Muy Baja	0		1	0
Baja	67		1	67
Moderada	404		1	404
Alta	71		1	71
Muy alta	8		1	8
Lecho de río	19		1	19
Área urbana	0		1	0
Moderada	31	Aguarague	1,5	46
Lecho de río	1	Aguarague	1,5	1
Total	**601**	**Total con sensibilidad**		**617**

Tabla 21. Sensibilidad según conveniencia socioeconómica siguiendo el trazo con

Conveniencia Socioeconómica	Valor Socioecon.	Tramo	Índice	C/Sensib Socioecon
Muy baja	5	Túneles	1	5
Muy baja	24	Variante 1	1,5	36
Muy baja	80	Variante 2	2	159
Baja	34	Trazo del camino	1	34
Baja	45	Variante 1	1,5	67
Baja	29	Variante 2	2	58
Moderada	237	Trazo del camino	1	237
Moderada	6	Variante 1	1,5	9
Moderada	6	Variante 2	2	13
Alta	64	Trazo del camino	1	64
Alta	4	Variante 1	1,5	6
Muy alta	4	Trazo del camino	1	4
Muy alta	1	Variante 1	1,5	2
Total	**539**	**Total con sensibilidad**		**693**

En la Tabla 22, se presenta un resumen de los valores totales, diferenciando las alternativas de mantener el trazo actual y de incurrir por las variantes. Los valores se presentan en valoración según factor: riesgo a la erosión y deslizamiento, uso del suelo y conveniencia socioeconómica mediante sus valores de índice por kilómetro denominado VALOR y mediante el factor de sensibilidad, es decir incrementando los valores en 50 y 100% según áreas intervenidas o no como se explicó en el punto

Tabla 22. Resumen de valores

Ítem	Valor		Con sensibilidad		Totales
	Trazo actual	Trazo con variante	Trazo actual	Trazo con variante	
Riesgo	744	593	770	720	2827
Uso	738	598	759	746	2841
Socioeconómico	601	539	617	693	2450
Totales	**2083**	**1730**	**2146**	**2159**	

CONCLUSIONES

A priori, el método nos permite la comparación en este caso del mismo trazo en sus diferentes variantes o alternativas. Si bien, el hecho de contar simplemente con valores numéricos no resulta del todo suficiente, los mismos nos dan una idea y visión fundamentales, en este caso, de carácter espacial, y nos permite comparar una de otra alternativa, dando un elemento más de juicio para la toma de decisiones.

Analizando los valores obtenidos, observamos en el Cuadro 2.7, que la fila de totales presenta un valor mínimo en la columna con variante, esto implica que el trazo por la variante genera menores impactos. Todo esto evidentemente implícito en una menor longitud de trazo, lo que por ende implica una menor intervención y una menor valoración.

Una vez aplicado el índice de sensibilidad por intervención en áreas nuevas o de reserva, notamos que la situación cambia y se tiene un valor ligeramente menor para el trazo actual, que aunque la diferencia es mínima, nos muestra que el hecho de intervenir sobre nuevas áreas y sobre área de reserva eleva los índices de manera considerable y es justamente en estos sectores donde se debe tener una fuerte vigilancia durante la construcción, apuntando hacia estas zonas los aspectos de mitigación.

Si revisamos los valores de cada casilla, vemos que los riesgos de erosión y deslizamiento por el trazo actual son los que obtienen la mayor valoración sin y con sensibilidad, lo que implica un trazo sobre sectores de fuertes pendientes, por lo que la mitigación debe considerar estos aspectos. El incremento de 744 a 770 se debe básicamente a las fuertes pendientes en el sector del Angosto de Villa Montes.

Por otra parte, si sumamos a manera de ejercicio las filas del cuadro, notamos un valor mayor sobre el uso del suelo (2841), mostrando que el trazo con o sin variantes atraviesa sobre todo zonas de bosques sin uso productivo actual, lo que se evidencia en un simple recorrido y confirma, como muchos otros aspectos la valides del método.

DISCUSIÓN

El trazo siguiendo por la ruta actual en el sector del angosto de Villa Montes generaría impactos que estarían relacionados con la fauna Ictícola del río Pilcomayo, mismo que se constituye en fuente principal de vida de los pueblos originarios asentados sobre las orillas de este importante cauce por su inmensa riqueza en especies como el Sábalo, Bagre, Dorado, Surubí y otros, por lo que la presencia de sitios sensibles, de especies protegidas, endémicas o de interés de conservación, entre otros deben obtenerse y valorarse considerándose puntualmente, pues los mapas de polígonos seleccionados no necesariamente los tendrán representados ameritando su tratamiento como elementos específicos, la ventaja es que podemos mapificar su ubicación espacial si la tuvieren.

Los mapas de polígonos seleccionados:

- Riesgo a la erosión hídrica y deslizamientos
- Uso actual del suelo
- Conveniencia socioeconómica

Obedecen a criterio y experiencia, los mismos podrían incrementarse en base a las consideraciones posteriores, que se vayan encontrando, buscando representatividad de aspectos específicos difíciles de mostrar o definir y de aspectos globales de interés general que ayuden a la toma de decisiones.

Para la valoración se seleccionó un rango de 5 valores, este número de rangos parece el apropiado, pero se podría analizar también los resultados con 3 y 7 rangos de puntuación, realizando el ejercicio en SIG para ver según escala que el mapa producto sea coherente y presente polígonos estables y no generalice ni difumine.

Realizado el ejercicio de valoración cualitativa mediante matrices de Leopold, los valores relativos de impacto guardan cierta concordancia, aunque se considera que la comparación no es válida por la subjetividad del método matricial en la valoración

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Ministerio de Desarrollo Sostenible y Medio Ambiente. (1995). Memoria Explicativa del Mapa Forestal de Bolivia. La Paz. Bolivia.
- Ministerio de Desarrollo Sostenible y Medio Ambiente. (1995). Ley de Medio Ambiente Nº 1333 y su Reglamentación. La Paz. Bolivia.
- ZONISIG, Plan de Uso del suelo. Tarija. Bolivia.
- Conesa, V., Fdez-Vítora. (2010). Guía Metodológica para la Evaluación de Impacto Ambiental. Madrid. España.
- Ergueta, P&C. Gómez (Eds.). (1997). Directorio de Áreas Protegidas de Bolivia. CDC. Ed. La Paz, Bolivia.
- Gómez, O., D. (1999). Evaluación del Impacto Ambiental. Madrid. España.
- Gómez, O., D. (2013). Evaluación del Impacto Ambiental. (3ra EDICION) Madrid. España.

Artículo Científico

Recibido: 3 de octubre de 2018

Aprobado: 5 de diciembre de 2018