

CAPITULO I

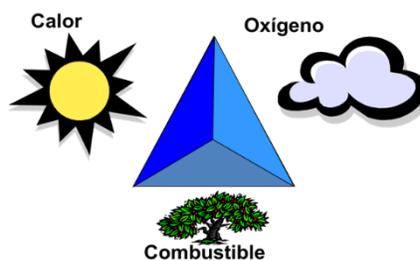
1. MARCO TEÓRICO

1.1. EL FUEGO

El fuego es un proceso físico químico que se manifiesta con la emisión de luz y calor de la materia encendida o en proceso de combustión. Cuando se aplica suficiente energía sobre la vegetación, compuesta por materia combustible, esta reacciona con el oxígeno del aire desprendiendo luz, humo y mucho calor. Este calor es la energía que hace que la reacción continúe hasta que se consuma todo el combustible, salvo que actuemos sobre ella reduciendo uno de los factores que la producen. Estos tres factores esenciales se representan gráficamente en el triángulo del fuego. INTA, (2008)

- » **Combustible:** materia vegetal que se encuentra en el monte y está lo suficientemente seca como para arder. Cuando se agota, se elimina o se moja lo suficiente se acaba la combustión y el fuego se para.
- » **Oxígeno:** en el monte el aire es una fuente inagotable de oxígeno. Al ser una atmósfera abierta, el oxígeno siempre va a estar presente, tan solo se puede desplazar momentáneamente para interrumpir la reacción.
- » **Calor:** el calor que desprende la combustión es el que inflama el combustible que hay al lado. Si se reduce el calor transmitido lo suficiente, no podrá empezar a arder. Para reducir ese flujo de calor es importante saber cómo se está transmitiendo:

Figura 1



Fuente:U.G.R. (2011)

Para que haya fuego, es imprescindible tener los 3 factores básicos del triángulo del fuego, COMBUSTIBLE, COMBURENTE y CALOR, siendo además necesario un iniciador de la reacción, un PUNTO DE IGNICIÓN que lo que genera es un exceso de calor. Aguirre, F. (2001)

1.2. QUÉ ES UN INCENDIO FORESTAL

El incendio forestal es una reacción química de oxidación violenta que desprende de una gran cantidad de energía en forma de calor. Una reacción que no se inicia espontáneamente sin la existencia previa de un foco de alta temperatura, o sea, de un núcleo inicial de fuego generado por un agente exterior (un rayo, una colilla involuntaria, una cerilla intencionada).

El fuego forestal, por tanto, es la continuación auto mantenida de un pequeño fuego inicial, el fuego además de ser un factor natural, que ha condicionado la existencia y distribución de los bosques en el transcurso de miles de años, puede considerarse como una herramienta que el hombre ha venido utilizando para numerosas labores agrícolas, ganaderas o forestales: quemas de rastrojos y pastos, eliminación de restos de cortas o podas, etc. En el caso de que este fuego, no controlado, afecte a la vegetación que cubre los terrenos forestales se origina un incendio forestal, que si encuentra unas condiciones apropiadas para su expansión puede recorrer extensas superficies produciendo graves daños a la vegetación, a la fauna y al suelo y causando importantes pérdidas ecológicas, económicas y sociales, dado los múltiples beneficios, tanto directos como indirectos, que los montes prestan a la sociedad. Rodríguez y Silva, y Martínez J. R. (2007).

1.3. PARTES DE INCENDIO

Figura N° 2



El incendio se puede distinguir las siguientes partes:

Borde:

Línea perimetral que está ardiendo.

Cabeza o frente:

Extremo de la elipse por donde avanza más rápidamente el fuego.

Flancos:

Bordes laterales de la elipse.

Cola:

Fuente: Slide share (sf)

Extremo de la elipse en donde el fuego avanza con lentitud.

El frente avanza más rápido cuanto más fuerte es el viento o más inclinado el terreno pues las llamas van desecando el combustible, que está sin arder, lo que facilita su ignición, y al mismo tiempo la elipse se va haciendo más alargada.

En los flancos y cola, por el contrario, el fuego no encuentra estas condiciones en la vegetación y avanza más despacio y por ello serán los lados por los que se pueda atacar el fuego directamente.

Ahora bien, en general, la forma del fuego no será elíptica pues cambios en la composición de la vegetación, barreras naturales, o variaciones del terreno, harán que el borde del incendio adquiera un contorno irregular con la aparición de dedos o lenguas de frente y entrantes o bolsas en los que la progresión del fuego será menor.

1.3.1. Altura y longitud de llama: Es la medida vertical que tiene la llama desde el suelo hasta su parte más alta y la longitud es la medida desde la base hasta el extremo de la llama siguiendo su inclinación. Si la llama es vertical, altura y longitud son iguales. La longitud de llama es la que sirve como indicador de la intensidad del fuego.

1.4. LOS COMBUSTIBLE VEGETALES

En el monte los combustibles vegetales existentes comprenden todas las clases de plantas vivas y los restos y despojos de estas plantas. Por tanto una primera clasificación de los combustibles vegetales puede ser la siguiente:

- Combustibles vivos:
 - Hiervas
 - Matas
 - Arbustos
 - Arboles
- Combustibles muertos:
 - Tocones.
 - Ramas caídas.
 - Hojarasca.
 - Pasto seco.

Tanto unos como otros influirán sobre el fuego según presenten una serie de condiciones entre las que cabe destacar:

1. Grado de combustibilidad.
2. Cantidad de combustible.
3. Densidad de la vegetación.
4. Estratificación de la vegetación.
5. Humedad del combustible

1.5. CANTIDAD Y CARÁCTER DE COMBUSTIBLE

En un bosque es fácil comprobar la presencia de numerosos materiales combustibles y según sus características es posible establecer su participación en un posible incendio a tal efecto se pueden clasificar los combustibles en:

- a) **Combustibles peligrosos.**- Son aquellos que bajo condiciones naturales son de

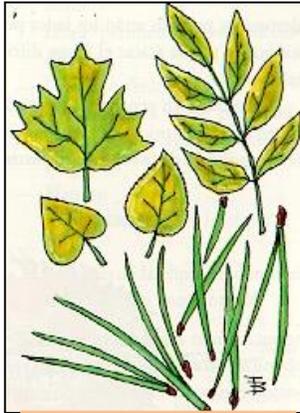


Figura N° 3 Geocities.ws

fácil y rápida combustión.- En esta categoría se incluyen las cortezas de los árboles muertos, ramas, ramitas, hojas, pastos, musgos y líquenes en estado seco, son estos los que facilitan la iniciación del fuego dependiendo la magnitud del mismo, de la menor o mayor abundancia ya que su combustión es rápida produciendo grandes llamas y mucho calor y haciendo que los combustibles semi peligroso y aún los verdes se sequen y se transformen en combustibles peligrosos

- b) **Combustibles semi peligroso o combustión lenta.**-

Incluye el humus generalmente húmedo las ramas semi secas, los troncos caídos y putrefactos; es decir los materiales leñosos que en razón de su estructura, disposición a falta de exposición no son capaces de quemarse rápidamente.

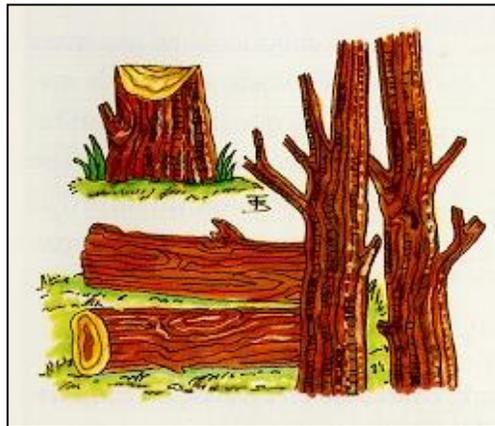


Figura N°4 Geocities.ws

- c) **Combustibles verdes.**-

Comprende la vegetación integrada por árboles, arbustos, yerbas, helechos al estado vivo, siendo que estos materiales verdes tienen gran contenido de humedad lo que determina que se considere no inflamables, ello no basta para que de acuerdo con la composición y la densidad del bosque considerado, no pueda entrar en combustión

dependiendo esa circunstancia del volumen de combustibles peligrosos y semi peligrosos existentes y la presencia de otros factores como humedad y temperatura.

A todo lo expuesto corresponde agregar que el menor o mayor peligro de incendio está determinado por el volumen, la naturaleza, el carácter y tamaño del material combustible cuyo análisis debe ser debidamente considerada.

También hay que tener en cuenta que el grado de combustibilidad aumenta en aquellas especies que contienen determinadas sustancias químicas volátiles. Así los pinos, por contener resinas, arden mejor que otras especies que carecen de este producto. Chavero Melgar Pablo (2011)

Por esta razón el fuego se propaga más rápidamente en las masas arboladas formadas por una sola especie, por ejemplo, en un pinar, que en las que se mezclan pinos con otras especies frondosas: encinas, alcornoques o quejigos.

1.6. CANTIDAD DE COMBUSTIBLE

La cantidad de combustible, tanto vivo como muerto, por unidad de superficie, es otro factor a tener en cuenta pues cuanto más combustible haya más intensidad alcanzara el fuego.

Las acumulaciones de residuos y despojos formadas por los restos de podas y cortas, no eliminadas, pueden contribuir de manera decisiva a la propagación de los incendios.

De aquí la importancia de mantener los montes limpios de estos materiales muertos para disminuir el riesgo de incendios y facilitar la extinción.

1.7. DENSIDAD DE LA VEGETACIÓN

La densidad es el grado de cobertura del suelo por la vegetación existente sobre el mismo e indica la mayor o menor proximidad de unas plantas a otras, lo que condiciona la velocidad de propagación del fuego.

Si la densidad es alta apenas habrá interrupción en el combustible y el fuego se propagará rápidamente a través del mismo.



Figura N° 5 propia Densidad Alta

A medida que la densidad vaya disminuyendo, existirán áreas sin combustible y el fuego encontrará más dificultades para su propagación.



Figura N°6 propia Densidad Baja

1.8. ESTRATIFICACIÓN DE LA VEGETACIÓN

La distribución de la vegetación según un plano vertical se denomina estratificación y se divide en una serie de niveles o estratos de diferentes alturas según se trate de pastos, matas, arbustos o arbolado. Simplificando pueden distinguirse dos casos:

1.8.1. Estratificación continua

Los distintos estratos se superponen por lo que el fuego puede pasar de unos a otros. Con ello se favorece el que un incendio de superficie se transforme en un incendio de copas.

1.8.2. Estratificación discontinua

No existe continuidad en los estratos, como sucede en una masa arbolada podada y limpia de matorral, pero que mantiene un tapiz herbáceo. En este caso si se inicia un incendio de superficie difícilmente pasar a las copas.

La mayor o menor inflamabilidad de los materiales forestales depende del contenido de humedad, no puede haber fuego sin combustible que arda y relativamente no habrá combustible susceptible de arder mientras que su contenido de humedad sea lo suficientemente alto o abundante como para impedir la ignición.

La intensidad y la velocidad de los fuegos dependen del suministro de combustibles debidamente condicionados capaces no solo de arder (inflamarse) sino de permitir el progreso del proceso de combustión.

Si bien teóricamente, el bosque entero, es combustible en potencia, de hecho solo una parte es disponible como alimento del fuego.

Esta porción o por ciento capaz de alimentar un fuego forestal en un momento dado, depende del contenido de humedad del combustible que es un factor primordial e importante en la determinación de la inflamabilidad del combustible. La lluvia abundante y uniformemente distribuida mantiene un contenido de humedad tan alto en toda clase de combustible potencial que los fuegos no pueden progresar. Puede haber miles de m³ de madera y otros productos vegetales en una zona dada y, sin embargo, no disponer de un solo m³ de combustible debido a su alto C.H.

El contenido en agua de los combustibles tiene gran importancia en el comportamiento de fuego por su influencia en la posibilidad que se inicie la combustión y en el posterior desarrollo de la misma.

La aplicación de calor a un combustible con alto porcentaje de humedad ha de servir primero para evaporar el exceso de agua antes que se alcance el punto de ignición, y posteriormente cuanto más seco este el combustible más rápidamente se quemará y mayor altura alcanzarán las llamas, lo que favorecerá la propagación del fuego a las copas de los árboles. Grillo, FF y Molina, DM (2007)

Gráfico N°1

LA VEGETACIÓN EN LA PROPAGACIÓN DEL FUEGO

| MAYOR VELOCIDAD DE PROPAGACIÓN | | MENOR VELOCIDAD DE PROPAGACIÓN |
|--|--------------------------|--------------------------------|
| CARACTERÍSTICAS DEL COMBUSTIBLE | COMBUSTIBLES MUERTOS | COMBUSTIBLES VIVOS |
| | COMBUSTIBLES LIGEROS | COMBUSTIBLES PESADOS |
| | DENSIDAD ALTA | DENSIDAD BAJA |
| | ESTRATIFICACIÓN CONTINUA | ESTRATIFICACIÓN DISCONTINUA |
| | PASTOS Y MATORRAL | MASAS ARBOLADAS |
| | MASAS PURAS | MASAS MEZCLADAS |
| | COMBUSTIBLES MÁS SECOS | COMBUSTIBLES MENOS SECOS |

Fuente: Geocities.ws

1.9. MODELOS DE COMBUSTIBLE CLASIFICACIÓN ROTHERMEL

En 1972, Rothermel estableció 13 modelos de combustibles que respondían a la mayoría de las situaciones en los Estados Unidos de América. Estos modelos estándar son aplicables a España (Blanco et al., 2007) y se agrupan en cuatro categorías en función de cuál es el elemento propagador del fuego (considerando incendios de superficie): pastizal, matorral, hojarasca y restos de corta, los cuales se detallan a continuación:

Los 13 modelos de combustible se Clasifica en 4 grupos:

Grupo de “pastizales” Modelos: 1, 2 y 3

Grupo de “Matorrales” Modelos: 4, 5, 6 y 7

Grupo de “Hojarasca bajo arbolado” Modelos 8, 9 y 10

Grupo de “Resto de corta y de otras operaciones silvícolas” Modelos: 11, 12 y 13.

1.9.1. Tipos de combustión

1.9.2. Combustión completa

Es aquella con alta presencia de oxígeno. Por ejemplo, lo que sucede en una cocina de gas o un encendedor, donde no hay humo.

1.9.3. Combustión Incompleta

Es aquella cuando hay presencia de oxígeno, alto contenido de humedad. Por ejemplo, en el caso de la madera se caracteriza por grandes desprendimientos de humo. Arroyo L. (2006)

1.9.4. Proceso de combustión

- a) Precalentamiento: El combustible está expuesto a una fuente de calor (sol, Fósforo etc.) se acerca a un punto de ignición (100°C a 200°C). La Fase de precalentamiento varía de un combustible a otro el calor saca la humedad del combustible y este requiere una alta cantidad de energía. Se observa generación de humo y no hay presencia de llamas.

- b) Punto de ignición: Es la temperatura a la que el material sólido, líquido o gaseoso se incendiará continuando en combustión sin necesidad de la fuente de calor.
- c) Combustión de los gases: La temperatura se sitúa entre 300°C – 400°C, se observan llamas en cima del combustible y los gases arden .Con la ignición se acelera el proceso de combustión, la temperatura continúa subiendo hasta 600° C – 1000° C con desprendimiento de humo y gases quemados, dióxido de carbono y vapor de agua.

1.9.5. Factores que influyen en el comportamiento del fuego

Los factores que influyen sobre el comportamiento del fuego una vez iniciado éste son:

- Combustible
- Condiciones atmosféricas
- Topografía

1.9.6. Combustible

El combustible forestal deberá entenderse a cualquier material de origen vegetal, vivo (hierbas, hojas, ramas troncos, etc.) o muerto (hojarasca, pasto seco ramas caídas etc.) que puede entrar en combustión al aplícale calor. Su consideración y evaluación son fundamentales para la planificación del combate ya que es el único factor sobre el cual cabe actuar directamente modificándolo o eliminándolo.

La cantidad de materiales de combustión existentes, son el principal factor que determina el grado de calor del fuego y su velocidad de propagación se divide en:

a) Críticos o de alta peligrosidad

Los laterales de las vías están constituidos en un 90% por gramíneas las cuales al secarse pueden arder fácilmente.

b) De baja combustibilidad

Incluye aquellos materiales muertos que debido al tamaño, compactación, o su alto contenido de humedad, arden con dificultad y lentamente, por ejemplo arbustos y árboles muertos y aquéllos desechos arrojados en los laterales que por su heterogeneidad espontáneamente no arden, su combustión es lenta.

c) De limitada combustibilidad

Son materiales que debido a su alto contenido de humedad no arden hasta que no hayan sido deshidratados por la acción de los combustibles críticos que se encuentran adyacentes y en combustión.

Las características principales de los combustibles que se deben considerar para pronosticar acertadamente el comportamiento del fuego durante un incendio forestal son:

- a)** Cantidad de combustible: disponible por unidad de superficie (se mide en kg/m^2 , ton/ha). Mientras mayor sea la cantidad de combustible disponible, mayor será la intensidad calórica desprendida por el incendio y la duración de la combustión. Una abundante cantidad de combustible hará más difícil el trabajo de los combatientes, por lo que se requerirá todas las medidas operativas necesarias para prevenir fatigas y accidentes.
- b)** Tamaño: De acuerdo con el tamaño de los combustibles se clasifican en livianos y pesados.
 - ❖ Combustibles livianos.- Pierden humedad y absorben calor fácilmente, lo que los transforma en combustibles de rápido encendido y acelerada combustión, ardiendo por completo. En incendios de combustibles livianos se puede esperar una rápida velocidad de propagación y baja intensidad calórica. Es importante que la evaluación de esta característica sea realizada por el personal con experiencia.
 - ❖ Combustibles pesados.- Son de difícil encendido, teniendo en cuenta que la pérdida de humedad es más lenta, necesitando un mayor tiempo de precalentamiento. Una vez encendidos son de combustión lenta. Para combustibles pesados el

comportamiento se caracteriza por la velocidad de propagación lenta y de alta intensidad calorífica.

- ❖ Finos y ligeros.- De Diámetro menor de 5mm. Ejemplo hojarasca, pasto, capas en descomposición, acículas de pino, etc. Este tipo de combustible se quema muy aprisa ya que está rodeado de mucho oxígeno, provocando que un incendio se extienda muy rápidamente.
 - ❖ Regulares.- Diámetro de 5mm a 25mm ejemplo: ramas tallos pequeños.
 - ❖ Medianos.- Diámetros de más 75 mm: fustes de troncos, y más gruesas, este tipo de combustible se calienta más despacio.
 - ❖ Pesados.- Fustes con diámetros mayores a los 75 mm.
- c) Compactación.- Es el grado de separación de las partículas. A mayor compactación menor espaciamiento; es decir menor cantidad de aire circundante. El grado de compactación afecta el contenido de humedad de los combustibles y la velocidad de propagación del incendio. Un material menos compacto permitirá una mejor circulación del aire entre las partículas, lo que facilitará su secado, encendido y por ende su combustión.
- d) Continuidad.- Los combustibles pueden presentarse en el terreno en forma continua o discontinua tanto horizontal como verticalmente, dependiendo de la proximidad de aire entre ellos. Si el combustible es continuo, la propagación es más fácil y rápida. Esta característica es importante para predecir la dirección y velocidad de propagación del incendio.
- e) Contenido de humedad.-El combustible absorbe o capta agua de las precipitaciones, de la humedad atmosférica y del suelo. En general, la humedad del combustible (vivo o muerto), disminuye a lo largo de la temporada de los incendios, con relación al número de días sin lluvias y regímenes de temperatura máximas.
- f) La situación de mayor riesgo de los combatientes se genera en incendios o quemas controladas, donde arden combustibles muertos que son los que alcanzan los valores más bajos de contenido de humedad.

g) Continuidad horizontal

Es la distribución de los combustibles en un mismo plan. La continuidad horizontal es un factor muy importante del incendio ya que define hacia donde se propaga las llamas e influirá en la velocidad que alcance el incendio.

Existe gran variedad de condiciones para la continuidad sin embargo basta con reconocer dos clases:

- Continuidad uniforme

No hay interrupciones en la vegetación, el fuego se propaga sin barreras.

- Continuidad no uniforme

La vegetación se distribuye en formas dispersas e irregulares, se presentan áreas sin combustibles, rocas que sobresalen sobre el suelo o regiones donde es dominante otro tipo de combustible que no se quema fácilmente.

- Continuidad vertical

Son los materiales vegetales que tienden a formar una escalera, desde el suelo hasta la copa de los árboles.

Para este tipo de continuidad (vertical) encontramos dos tipos de combustible:

- Combustibles sobre el suelo, que incluye las raíces de los árboles, hojas secas, musgos, hierbas, troncos, matorral bajo etc.
- Combustible aéreos, son todos los materiales verdes y secos en la copa del bosques.

1.10. RIESGOS DE INCENDIOS

1.10.1. DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DEL RIESGO DE INCENDIOS

El Riesgo de Incendio Forestal se define como la probabilidad de que se produzca un incendio en una zona. La conjunción de la Peligrosidad y de la Frecuencia-causalidad permite determinar dicho riesgo. $\text{Riesgo Incendio} = \text{Peligrosidad} + \text{Frecuencia} - \text{Causalidad}$ Peligrosidad de Incendio La peligrosidad de incendio, ajena a las estadísticas de incendios, surge de la integración de factores de carácter casi permanente en el monte y da una idea sobre la gravedad y dificultad de extinción, ante la eventualidad de un incendio forestal en un lugar determinado.

La peligrosidad a partir de la combustibilidad de la vegetación, el relieve, el régimen estival de brisas y la infraestructura varía dentro de los sistemas forestales. Combustibilidad La capacidad del sistema forestal para mantener y extender el fuego define su combustibilidad. A cada tipo de vegetación, corresponden una inflamabilidad y combustibilidad determinadas, que varían en función del tipo y cantidad de biomasa y su distribución espacial o estratificación.

El análisis de la combustibilidad puede hacerse mediante modelos estructurales identificables visualmente (modelos de combustible), en los que se puede predecir el comportamiento del fuego. La combustibilidad definida en el Mapa de peligrosidad potencial de incendios a partir del comportamiento de los sistemas forestales frente al fuego se ha clasificado la combustibilidad de la siguiente forma: Muy baja, Baja, Moderada, Alta y muy alta.

CAPITULO II

2. Descripción del área de estudio

2.1. Ubicación geográfica

La Reserva Biológica Cordillera de Sama (RBCS) se encuentra al oeste del Departamento de Tarija; entre los $64^{\circ}55'47,02''$ y $64^{\circ}5'29,97''$ de Longitud Oeste, y los $21^{\circ}39'21,54''$ y $21^{\circ}35'3,41''$ de Latitud Sur. Las cotas externas en el área de estudio varían desde los 4.000 m.s.n.m. en las partes más altas, hasta los 2.050 m.s.n.m. en los valles.

Comparte territorios de las Provincias Avilés, Méndez, Arce y Cercado. Los Municipios involucrados son: Cercado, San Lorenzo, El Puente, Uriondo, Yunchará y Padcaya. El polígono que delimita el área de la Reserva (SERNAP, 2005).

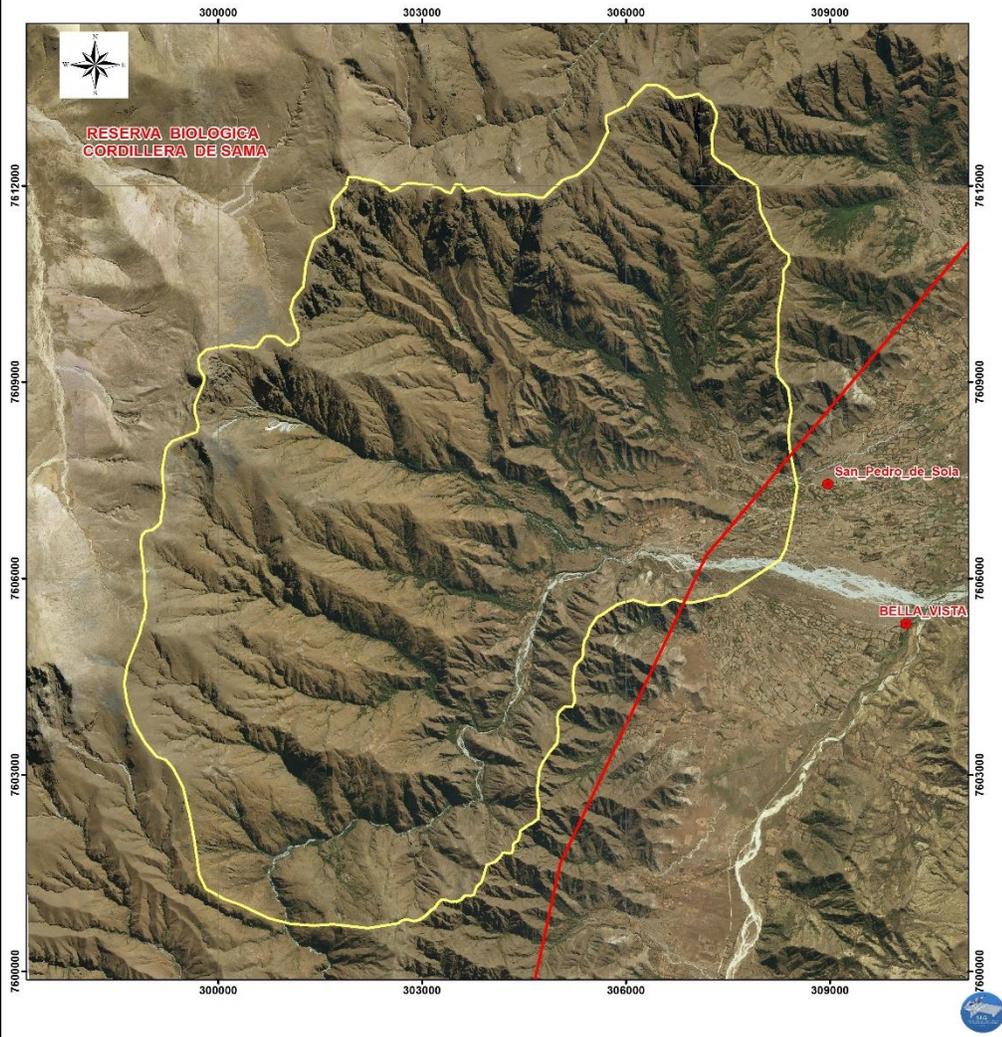
El área evaluada está ubicada en la parte alta de la cuenca de Tolomosa en la comunidad de San Pedro de Sola se ubican al sur de Bolivia, dentro de la provincia Cercado, en el departamento de Tarija. Forman parte del Valle Central de Tarija encontrándose orientada al lado Oeste de esta ciudad.

| Gráfico N° 2 | | |
|-----------------------------------|--------------------------|--------------------------|
| Ubicación de las zonas de estudio | | |
| Comunidades | Coordenadas X | Coordenadas Y |
| San Pedro de Sola | 308191 | 7607339 |

MAPA DE UBICACION



Proyeccion: UTM
Datum WGS 84
Área: Bolivia
Elipsoide: Internacional 1924
Zona: 20 Sur



2.1.1. Características Biofísicas

2.1.2. Orografía y Suelo

La Cuenca se localiza casi en su totalidad en la Cordillera Oriental, con un paisaje de montaña estructural alta con orientación casi Norte - Sur, relieve muy disectado, presentándose además paisajes de Serranías y colinas bajas estructural denudativas moderadamente disectadas a muy disectadas, Llanura de piedemonte con valles estrechos, abanicos y terrazas de ligeramente inclinados a muy inclinados, la llanura fluvio – lacustre representa el 25 % de la superficie total conformada por terrazas moderadamente disectadas a muy disectadas.

Por otro lado, casi todo el paisaje montañoso tiene protección legal, por cuanto forma parte de la Reserva Biológica Cordillera de Sama, situación que facilita las acciones de protección y conservación del agua, la biodiversidad y de los recursos naturales en general.

El relieve montañoso de la cuenca varía desde 4.614 msnm. en la cima del cerro Negro del Chiquirio, hasta aproximadamente los 1.853 msnm. en el sitio del Embalse San Jacinto, determinando un gradiente altitudinal cerca de 2760 m, aspecto que influye en los procesos geomorfológicos, topo climas, distribución de las lluvias, nubosidad, humedad ambiental, tipología de la vegetación y calidad de los suelos.

Las laderas orientales de la serranía de Sama, se caracterizan por sus zonas escarpadas, fuertes pendientes y barrancos, sin embargo en las zonas de estudio las pendientes son de un 10% a 30% principalmente en los valles y mayores a 60% en las laderas de las montañas altas INIBREH, (2011).

En estas laderas y quebradas se originan los causes de los principales cuerpos de agua, que suministran del líquido a la ciudad de Tarija.

En estas zonas existen una secuencia litológica que van desde los más recientes del Cuaternario, como las zonas constituidas por gravas, arenas, limos y arcillas formando piedemontes con amplias deposiciones de sedimentos coluvio-fluviales, con presencia de planicies y terrazas; hasta las formaciones más antiguas del Cámbrico, como la

“Formación Sama” y “Formación Camacho” compuestas por cuarcitas macizas, areniscas de color verdoso, gris a violáceas, blanquecinas y paquetes conglomerados basales de color gris claro, areniscas arcósicas y areniscas cuarcitas, respectivamente INIBREH, (2011). Los suelos son profundos de textura franco-arenosa a franco-limosa, con cantidades variables de fragmentos gruesos y baja cantidad de materia orgánica; en las márgenes de los ríos son arenosos y pedregosos.

Los principales procesos geomorfológicos que ocurren en la zona son los desprendimientos, caídas de fragmentos y erosión hídrica ligera a moderada en forma laminar y surcos, causada principalmente por efecto del pisoteo del ganado y eliminación de pastizales.

2.1.3. Condiciones Climáticas

Presenta una variación climática, desde muy frío húmedo a frío semihúmedo y muy frío semihúmedo. Esta sub cuenca presenta la mayor variación climática de todas las sub cuencas del río Tolomosa.

El clima muy frío húmedo se presenta en la parte Sur de la subcuencas y caracteriza a una superficie de 8.050 ha que representa el 53% de la subcuenca. Presenta una temperatura media anual de 8° C y cerca de los 1.250 mm de lluvia media anual, tanto la precipitación como la humedad local disminuyen hacia el Norte debido a la influencia orográfica de la montaña, cuya altitud varía desde más de 4.600 msnm en el sector Sur a menos de 4.200 msnm hacia el sector Norte. Este tipo climático caracteriza las cabeceras de cuencas que nacen en la Cordillera de Sama, por su altitud (mayor a 3.000 msnm), existe mayor intercepción de las masas de aire cargadas de humedad, provocando mayor frecuencia de nubosidad, neblina y lloviznas, por tanto mayor humedad ambiental y edáfica, constituyendo la principal fuente de recursos hídricos superficiales de la cuenca. El clima frío semihúmedo caracteriza al sector Este de la subcuenca e influye en 4.910 ha (32 % de la subcuenca), desde el contacto con el valle aproximadamente a 2.100 msnm, hasta aproximadamente la cota 3.000 msnm o media ladera de la Cordillera de Sama.

La lluvia media anual es de aproximadamente 880 mm, mientras que la temperatura media anual es de 14° C. La evapotranspiración potencial es de 1.161 mm presentando un déficit hídrico marcado desde abril hasta noviembre aproximadamente.

Este tipo climático es transicional entre el clima de la zona de valle (templado semiárido) con el clima de la zona más alta (muy frío semihúmedo) de la Cordillera de Sama. El clima muy frío semihúmedo caracteriza a menor superficie (1.800 ha, 12 % de la superficie total de la subcuenca) en el sector Noroeste, tiene una temperatura media anual de 9 ° C, y una precipitación promedio anual de 715 mm, la evapotranspiración potencial es de 1.140 mm, presentando un déficit hídrico marcado durante seis meses del año

2.1.4. Hidrografía

Del punto de vista hidrográfico, presenta una moderada a densa red de drenaje que conforman varias sub cuencas con muchos recursos hídricos superficiales de calidad generalmente buena, que aportan sus aguas al embalse San Jacinto. En el sector este de la Reserva se origina la cuenca del río Tolomosa, está formada por los ríos Sola, Pinos, El Molino y Seco, los cuales desembocan en el embalse San Jacinto, que genera energía hidroeléctrica y abastece de agua a gran porcentaje de la ciudad de Tarija. SERNAP, (2005).

2.1.5. Paisaje

La subcuenca forma parte del ambiente morfogénico de montañas estructural altas, donde el paisaje dominante son laderas en cuarcitas y areniscas con inclusiones glaciáricas ligeramente disectadas a muy disectadas, con una superficie de 5.600 ha (37% de la subcuenca), seguido por laderas glaciáricas que caracterizan una superficie de 2.000 ha (13% de la subcuenca), el 50 % restante de la subcuenca está caracterizado por varios paisajes.

2.1.6. Pendiente y erosión

Prácticamente casi toda la subcuenca presenta un relieve muy escarpado con pendientes mayores a 60 %, por otro lado, predomina, la erosión ligera a moderada en forma laminar y surcos, movimientos en masa lentos (terracetas) y caída de material (68% de la subcuenca) y erosión severa en forma de cárcavas con deslizamientos activos y desplomes que afectan a un 27 % de la subcuenca.

2.1.7. Suelos

Predominan los suelos de la consociación phaeozem con una superficie de 3.800 ha sea 25% de la subcuenca. Los suelos son de colores negros, moderadamente profundos, con un porcentaje moderado de fragmentos gruesos en el perfil, el contenido de materia orgánica está por encima del 3 por ciento.

Siguen los suelos de la consociación leptosol con una superficie de 2.690 ha (18% de la subcuenca), que caracterizan el sector Sur y Este de la comunidad de Calderilla Grande. Finalmente, los suelos de la asociación leptosol – regosol que caracteriza el sector Oeste de las comunidades de Pinos Norte y Sud. Son suelos muy superficiales con una cantidad dominante de fragmentos gruesos y afloramientos rocosos en la superficie, textura gruesa, colores pardo oscuros, pH ligeramente ácidos a neutros y fertilidad baja.

2.1.8. Vegetación

La ubicación geográfica y características ecológicas de la cuenca favorecen la presencia de especies vegetales de diferentes orígenes, de acuerdo con Cabrera (1971), la vegetación de la cuenca del río Tolomosa, forma parte de los dominios fitogeográficos Andino, Chaqueño Amazónico a través de la Selva Tucumano-boliviana. La vegetación del dominio Andino está representada por los géneros *Polylepis* (Queñua), que se presenta dispersa en cañadones y valles menores, en algunos casos, formando pequeños bosques; *Eupatorium* (Thola) y *Baccharis sp.* Formando arbustales de diferente cobertura en laderas montañosas y; pajonales de los géneros *Deyeuxia*, *Elyonurus*, *Stipa* y *Aristida* (Beck, Killen y García, 1993. Por su

parte, la Selva Tucumano-boliviana está representado por los géneros *Alnus*, (Aliso), *Podocarpus parlatorei* (pino de cerro), *Miryca* (Aliso chato) y varias especies arbustivas mirtáceas formando parte de los bosques húmedos nublados o montanos y transicionales de la selva Tucumano boliviana a partir de los 2.050 a 2.800 msnm aproximadamente y el dominio Chaqueño está representado por especies como *Acacia caven* (churqui), *Prosopis alba* (Algarrobo blanco), formando matorrales localizados con algunos árboles emergentes en la zona de valle con altitud menor a los 2.200 msnm.

2.1.9. Fauna

La fauna silvestre de la cuenca se caracteriza por la presencia de mamíferos entre ellos el venado andino (*Hippocamelus antisensis*), vicuña (*Vicugna vicugna*), viscacha (*LLagidium viscaccia*), gato andino (*Felis jacobita*), liebre, el zorro (*Canis sp*), león y puma y otros.

Aves: Torcaza (*Zenaida auriculata*), Condor (*Vulthus gryphus*), Lechuza (*Strigiformes*) Halcón peregrino (*Falco peregrinus*) Huayco (*Rhynchotus maculicollis*) Perdiz (*Tinamotis pentlandii*), Mirlo de agua (*Cinclus schulzi*) y otras aves menores.

Reptiles: Cascabel, Mullutuma, Acerillo y Víbora o culebra (*Tachymenis peruviana*), Lagartijas (*Licloemus alticolor*), Sapo (*Bufo sp*), Ranas (*Hypsiboas alboniger*); (*Pleurodema cinereum*).

Peces: Entre los peces nativos de la región se tiene: Misquincho (*Pygidiuem borelli*); Llausa (*Heptapterus mustelinus*); Doradito (*Acrobrycom tarijae*), Doradito (*Orincusarcus Bolivianus*), Mojarrita (*Astianax sp*); Churuma (*Plecostomus borelli*).

La comunidad San Pedro de Sola está constituida por una variedad de hábitats, donde es posible encontrar gran diversidad de flora y fauna. Sin embargo, debido al comercio ilegal de especies, deterioro del hábitat y a la presión antrópica que hubo en el pasado, hay especies que se encuentran en bajas densidades; por lo que la Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestre (CITES) y aplicando los criterios de la UICN (Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza), se las ha categorizado para priorizar su conservación. SERNAP, (2005).

2.1.10. Uso de flora

De los bosques representativos del piso superior del Tucumano-Boliviano, aledaño a la comunidad del Rincón de la Victoria, se extraen constantemente ramas de guayabo (*Eugenia* sp.) y helechos (*adiantaceae*) para adornar los ramos de flores que se venden en la ciudad de Tarija. De estos bosques también se extrae leña de quewiña (*Polylepys hieronymi*, *Polylepis crista-galli*) y troncos de pino de cerro (*Podocarpus parlatoiei*) para utilizarlos en la construcción de viviendas, postes de luz o para la construcción de herramientas de labranza; además, en época seca, cuando esta escaso el forraje los comunarios traen a pastear a su ganado. Estas actividades no planificadas están provocando perjuicios en el desarrollo de los árboles y en la cobertura del bosque en general. SERNAP, (2005).

CAPITULO III

3-MATERIALES

3.1. Materiales de campo y gabinete.

- ❖ Mapa Base
- ❖ Cámara fotográfica.
- ❖ GPS
- ❖ Material de escritorio (lapiceros, borrador, papel escritorio)
- ❖ Software ArcGis
- ❖ Imágenes satelitales
- ❖ Software Google Earth Pro
- ❖ Software SAS PLANET

3.2.-METODOLOGÍA

3.2.1. Tipo de investigación

Descriptiva: porque se especifica los tipos de modelos que permitirán predecir el comportamiento probable del fuego dadas las condiciones de los combustibles, el estado del tiempo y la topografía.

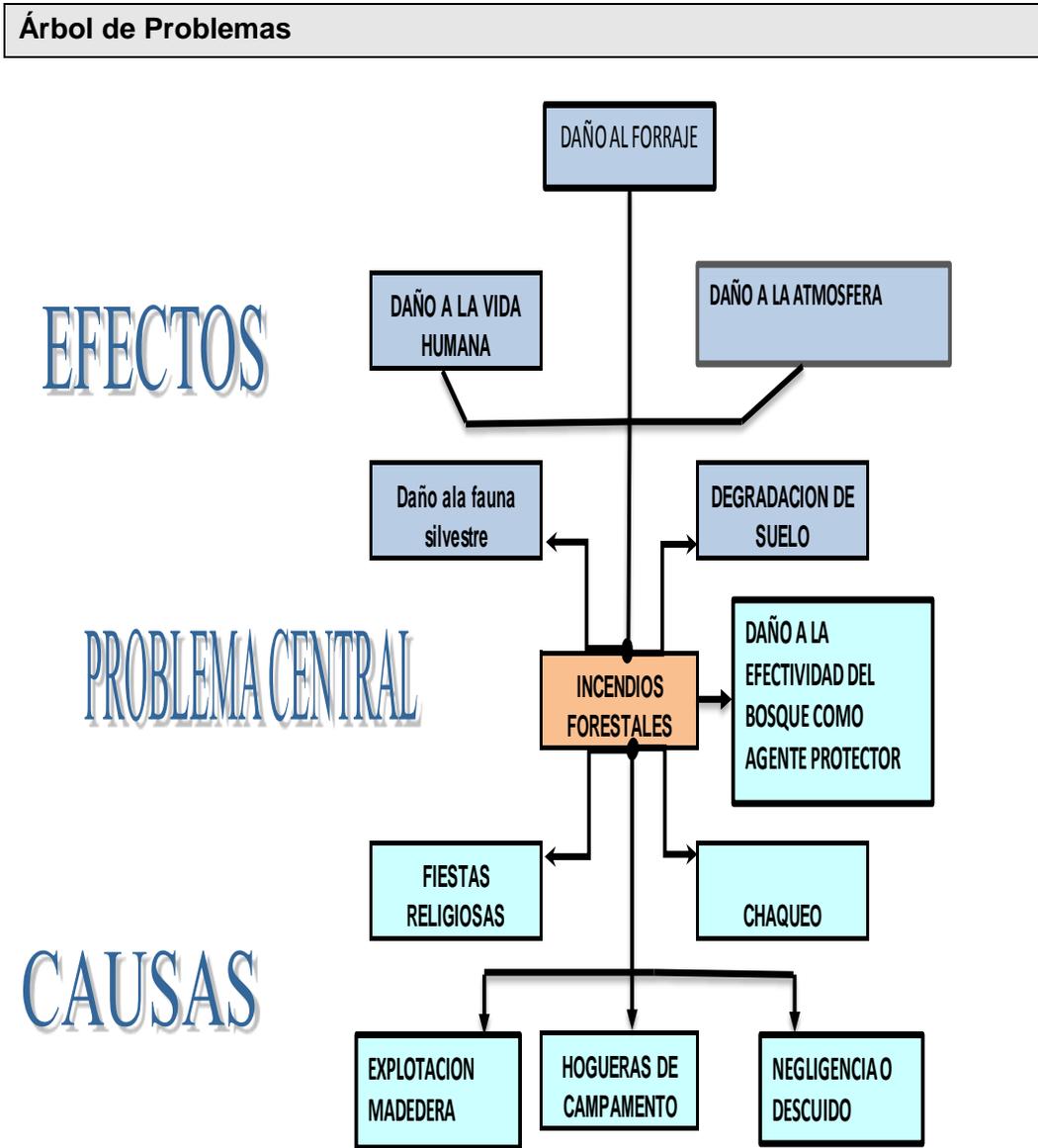
a) Cuantitativo

Porque se realizara modelos cartográficos de combustible para determinar la vulnerabilidad de los sectores a incendios.

b) Cualitativo

Porque el presente trabajo no serán tratadas este tipo de herramientas, no podemos desconocer sus aportes al análisis espacial. “Los estudios cualitativos son investigaciones intensivas a muy pequeña escala en los cuales se explota la experiencia cotidiana de la gente y sus comunidades en diferentes tiempos y espacios.

Gráfico N° 3



Fuente: Elaboración Propia

3.2.2. Primera fase

El estudio se realizó en la Comunidad de San Pedro de Sola en la Reserva Biológica cordillera de Sama donde inicialmente se recopiló información secundaria: de una imagen satelital extraída del servidor de SAS Planet de satélite Bing map de un tamaño de resolución espacial de 0.5 m. Presentando una combinación real de 3 bandas, para posteriormente hacer la delimitación del área de estudio a una escala de trabajo de 1:5000. Una vez delimitada la zona de estudio se realizó la identificación de diferentes tipos de mapas.

Mapas Temáticos Físicos Biológicos Primarios realizados de acuerdo a un:

- Mapa combustibilidad e Inflamabilidad
- Mapa de Pendiente, topografía
- Mapa Clima, orientación de laderas
- Mapa influencia de la red de caminos
- Mapa influencia de las comunidades
- Los Mapas o capas secundarios
 - Caminos
 - Red de Drenaje
 - Comunidades
 - Mapa Fisiográfico
- Las formaciones vegetales serán representadas por 13 tipos de combustibles de inflamabilidad diferenciados en los modelo.

Los 13 modelos de combustible se Clasifica en 4 grupos:

Grupo de “pastizales” Modelos: 1, 2 y 3

Grupo de “Matorrales” Modelos: 4, 5, 6 y 7

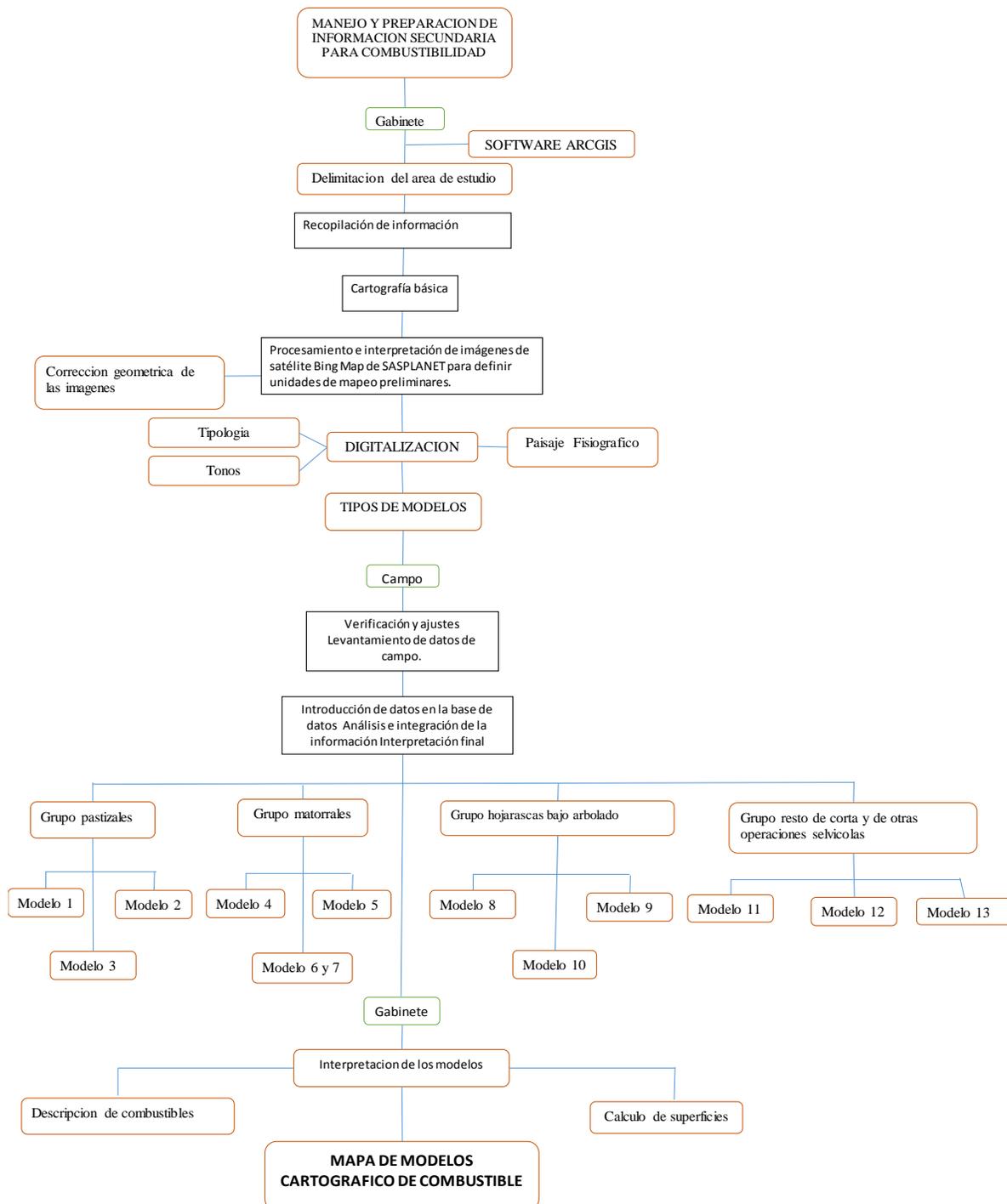
Grupo de “Hojarasca bajo arbolado” Modelos 8, 9 y 10

Grupo de “Resto de corta y de otras operaciones selvícolas” Modelos: 11, 12 y 13.

Terminado el mapa preliminar de tipos de combustibilidad se realizó la verificación en campo, dando puntos de muestreo representativo para determinar la veracidad de lo anteriormente descrito.

Gráfico N° 4

ORGANIGRAMA METODOLÓGICO PARA LA CARTOGRAFÍA DE MODELOS DE COMBUSTIBLE

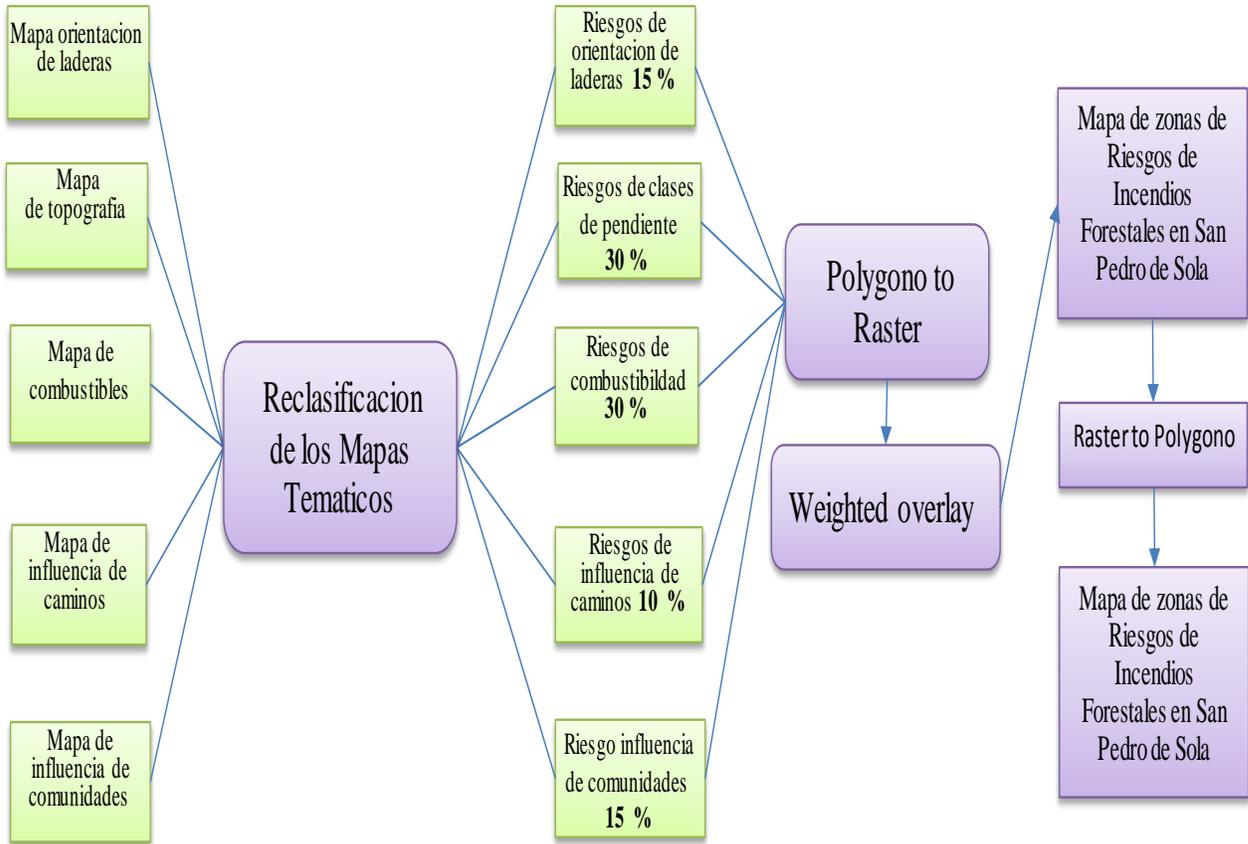


Fuente: Elaboración Propia

3.2.3. Segunda fase: Se procedió de acuerdo al siguiente esquema metodológico

Gráfico N°5

REPRESENTACIÓN ESQUEMÁTICA DEL MARCO METODOLÓGICO PARA DETERMINAR ZONAS DE RIESGO DE INCENDIOS FORESTALES



Fuente: Elaboración Propia

Esta fase esta subdivida en:

3.2.4. PROCESAMIENTO DE MAPAS PARA DETERMINAR EL RIESGO DE INCENDIOS FORESTALES

La elaboración del mapa de riesgos a incendios forestales se generó un modelo cartográfico tomando en cuenta cinco variables, que son: combustibles, topografía y clima, influencia de la red de caminos y la influencia de las comunidades.

3.3. Fase de campo

Obtenidos los mapas temáticos preliminares consiguientemente se organizaron salidas de campo, previamente planificadas en gabinete y seleccionadas por su representatividad para nuestro fin.

Posteriormente con los datos recabados en campo se procedió con la corrección y ajustes de los mapas preliminares, para la posterior sobre posición.

3.3.1. Fase de gabinete

En esta fase se trabajó con los mapas temáticos ya obtenidos se procedió con ayuda del software ArcGIS a la rasterización, formato adecuado para el posterior cruce de mapas. Cada mapa en forma raster presentaba un tamaño de pixel de 30. Esta metodología es la guía para la elaboración de mapas de riesgo de incendios propuesto por la ONG Nativa para el departamento de Tarija.

CUADRO N° 1. Niveles de vulnerabilidad para los riesgos

| Amenaza /vulnerabilidad | Código | Leyenda |
|-------------------------|--------|--|
| Muy baja | 1 |  |
| Baja | 2 |  |
| Moderada | 3 |  |
| Alta | 4 |  |
| Muy alta | 5 |  |

Fuente: PMGRMVM, 2009

La variable de combustibilidad o inflamabilidad presenta con peso el 30% seguido, por la topografía exhibiendo también el 30 %, con el 15% las variables de clima, también con el 15% de influencia de comunidades, y con una menor proporción la influencia de caminos con el 10% obteniendo la suma de todas las variables el 100 % para la obtención del mapa de riesgo de Incendios Forestales.

Las variables se describen a continuación dando el grado de amenaza de cada variable.

CUADRO N° 2 Combustibles (30%)

| Tipos de vegetación | Amenaza | Código | Leyenda |
|---------------------|-----------------|----------|--|
| Cultivos | Muy Baja | 1 |  |
| Bosque denso | Baja | 2 |  |
| Bosque ralo | Media | 3 |  |
| Matorral | Alta | 4 |  |
| Pastizal | Muy alta | 5 |  |

Combustibles ligeros y secos arden más rápido que los pesados y húmedos.

Fuente: PMGRMVM, 2009

CUADRO N° 3 Topografía (30%)

| Clase de pendiente (%) | Amenaza | Código | Leyenda |
|------------------------|----------|--------|--|
| 0 – 10 % | Muy baja | 1 |  |
| 10 – 45 % | Alta | 4 |  |
| >45 % | Muy Alta | 5 |  |

A mayor pendiente el fuego avanza más rápido que en lugares planos.

Fuente: PMGRMVM, 2009

CUADRO N° 4 Clima (15%) (Orientación de la ladera)

| Orientación de laderas dirección de los vientos (°) | Amenaza | Código | Leyenda |
|---|----------|--------|--|
| Ninguna (plano) | Muy baja | 1 |  |
| Oeste (225 – 315°) | Baja | 2 |  |
| Sur (135 – 225 °) | Media | 3 |  |
| Este (45 – 135 °) | Alta | 4 |  |
| Norte (315 – 45 °) | Muy alta | 5 |  |

En el hemisferio Sud, las laderas orientadas hacia el Norte y el Este reciben mayor insolación por lo que exponen a los combustibles a que se encuentren más secos a diferencia de las laderas orientadas al Oeste que siempre se encuentran con mayor humedad

Por otra parte, la dirección de los vientos durante los meses críticos de ocurrencia de incendios que van de junio a octubre, provienen del Noreste y del Sur. En consecuencia, en laderas orientadas en sentido de los vientos, el fuego se desplazará con mayor rapidez.

CUADRO N° 5 Influencia de la red de caminos (10%)

| Distancia al camino (Km) | Amenaza | Código | Leyenda |
|--------------------------|----------|--------|---------|
| 30 – 75 Km | Muy baja | 1 | |
| 10 – 30 Km | Baja | 2 | |
| 5 – 10 km | Media | 3 | |
| 2,5 – 5 km | Alta | 4 | |
| 0 – 2,5 km | Muy alta | 5 | |

El lugar de inicio de un incendio está relacionado con la distancia a las vías de acceso; mientras más cerca, mayor influencia y probabilidad de inicio de un incendio.

Fuente: PMGRMVM, 2009

CUADRO N° 6 Influencia de la presencia de comunidades (15%)

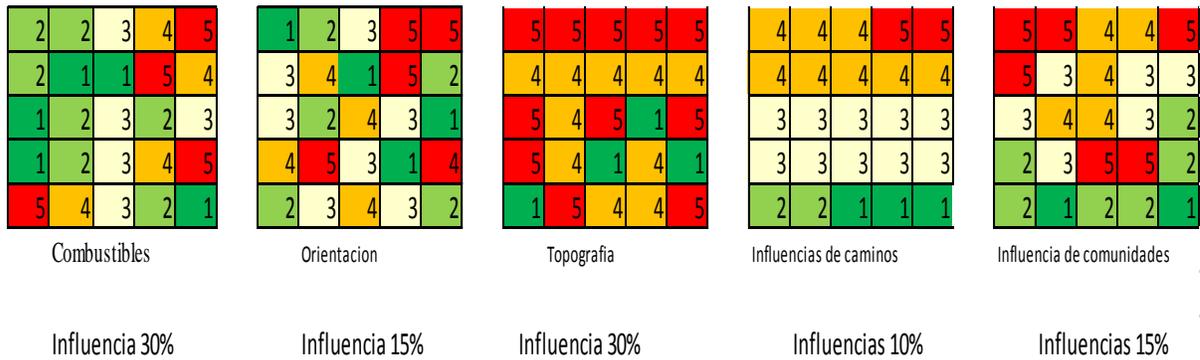
| Distancia a la comunidad (Km) | Amenaza | Código | Leyenda |
|-------------------------------|----------|--------|---------|
| 30 – 45 km | Muy baja | 1 | |
| 20 – 30 km | Baja | 2 | |
| 10 – 20 km | Media | 3 | |
| 5 – 10 km | Alta | 4 | |
| 0 – 5 km | Muy alta | 5 | |

La presencia y desarrollo de Actividades humanas también está relacionada con el inicio de un incendio; a mayor cercanía de los núcleos poblacionales, mayor influencia y probabilidad de inicio de un incendio.

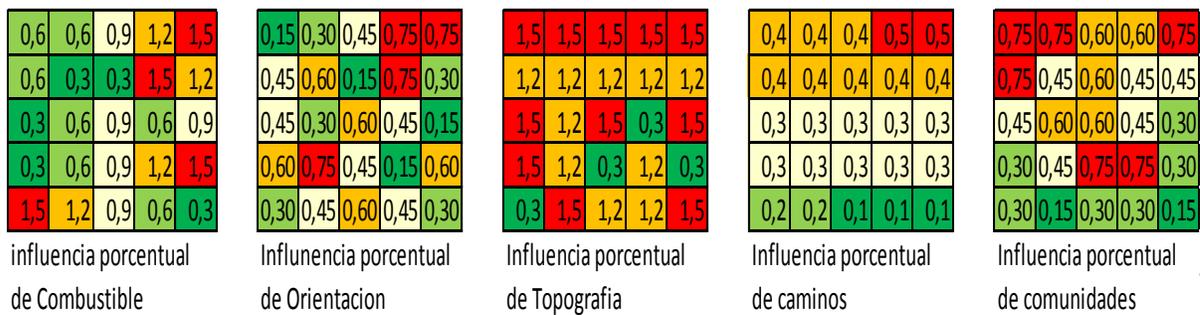
Fuente: PMGRMVM, 2009

GRÁFICO N°6

INTERPRETACIÓN DE LOS NIVELES DE VULNERABILIDAD PARA LOS RIESGOS

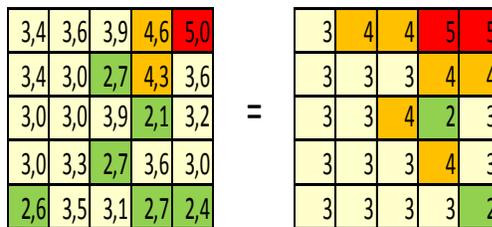


Multiplicacion de las Influencias porcentual



Suma de las matrices

Valor final



Fuente: Elaboración propia

Se sobrepone varios rásteres utilizando una escala de medición común y pondera cada uno según su importancia.

Un ejemplo de cruce de cinco ráster de entrada se reclasificó a una escala de medición común de 1 a 5. A cada ráster se le asigna una influencia porcentual.

Los valores de las celdas se multiplican por su influencia porcentual y los resultados se suman para crear el ráster de salida. Como el ráster de salida de Sobre posición ponderada es entero, el valor final se redondea a 2.

Cada ráster de entrada se pondera según su importancia o su porcentaje de influencia. El peso es un porcentaje relativo, y la suma de los pesos de influencia porcentuales debe ser igual a 100. Las influencias se especifican sólo mediante valores enteros. Los valores decimales se redondean al entero más cercano.

CAPITULO IV

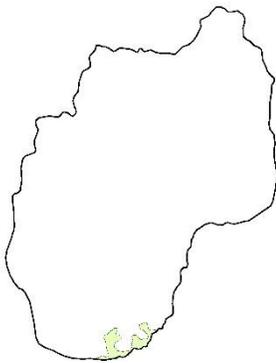
4.- RESULTADOS

4.1. Modelos de combustibles según Rothermel

En lo que se refiere a los resultados del método en esta primera etapa se identificaron 6 tipos de modelos de combustibles según Rothermel donde se observaron tres grupos: de los cuales 3 modelos son del grupo de pastizales, 2 del grupo de Matorrales y 1 del Grupo de Hojarasca bajo arbolado.

4.1.1. GRUPO 1 PASTIZALES

Vegetación herbácea graminoide intermedia, con sinusia arbustiva, montano (5E9d)



El principal portador del fuego en **Modelo 1** se presenta en laderas moderadamente disectadas, son laderas generalmente con exposición norte, que se localizan en la pendiente media. Presentan un clima dominante frío semihúmedo con una superficie de 91,32 ha. Con un total 1,1 %, con una cobertura vegetal de vegetación herbácea densa, graminoide baja, sin sinusia arbustiva, subalpino y vegetación herbácea semidensa, graminoide baja, mixto, montano. El relieve es muy escarpado con frecuentes afloramientos rocosos.

Es un pajonal medio a bajo, semidenso a denso, su combustibilidad de propagación es con gran velocidad por las pajas y el pasto seco.

Hacia la cima la densidad es más uniforme, mientras que hacia la ladera media, es más discontinuo formando manchas con predominio de pastos. Las especies dominantes son la paja *Elyonurus tripsacoides* Willd, *Stipa sp.1*, *Elyonurus muticus* (Sprengel) Kuntzei, pastito *Muhlenbergia fastigiata* (Presl) Henr.; el estrato arbustivo está compuesto por salvia grande (*Lepichinia graveolens* (Regel) epling), tholilla (*Baccharis sp.3*), thola grande (*Baccharis dracunculifolia* De. Candolle.); thola blanca (*Baccharis incarum* Wedd) que se distribuyen especialmente en las laderas.

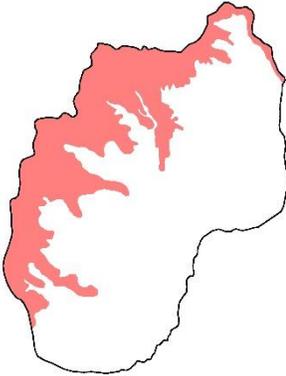
Vegetación herbácea, graminoide baja, mixto, montano (5F14c) “Pajonal-arbustal”



El principal propagador del **Modelo 2** según la metodología de Rothermel ocupando una superficie de 4775.48 ha. Haciendo el 59.0 % del total del área de estudio. Dominando en esta unidad el clima frío semihúmedo, en la parte media del área las observaciones pluviométricas indican una precipitación media de 900 a 1000 mm. La temperatura media es de 14°C. este tipo de clima es de transición entre el clima de la zona del valle (templado semi árido) con el clima de la zona más alta (muy frío semihumedo de la serranía) en la parte baja del área presenta un clima templado semiárido, donde su ubica la comunidad de San Pedro de Sola, en la parte alta se encuentran 2 tipos de clima muy frío semihumedo a muy frío húmedo abarcando las isoyetas de 700 mm. Hasta 1200 mm. La gradiente altitudinal abarca desde los 2000 msnm. Hasta aproximadamente la cota 4.000 msnm a media ladera de la Cordillera de Sama se localiza en la pendiente media del paisaje de laderas, es un pastizal bajo a medio, con 40 a 45 % de cobertura, con un estrato arbustivo medio, ralo en las laderas y denso en las depresiones, El combustible está formado por el pasto seco y la hojarasca y ramillas caídas, predominan las especies como las pajas (*Festuca sp.*), (*Deyeuxia sp.*), (*Stipa sp.1*), los pastos (*paspalum ekmanianun*; Henr), (*Paspalum sp.*), (*Schizachirium condensatum*; Kunth, Ness), entre las especies arbustivas más abundantes están la Tholilla (*Baccharis sp.3*), tholilla hoja dentada brillante (*Baccharis sp.*). Se presentan en laderas convexas con mejor exposición, laderas y fondos de valle más húmedos.

Son laderas generalmente con exposición norte, que se localizan en la pendiente media de la Cordillera de Sama, El relieve es muy escarpado con frecuentes afloramientos rocosos.

Vegetación herbácea baja, sin sinusia arbustiva, cespitoso (5F12d)

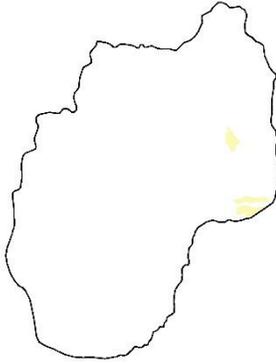


El principal propagador del fuego del **Modelo 3** son los incendios más rápidos y de mayor intensidad una superficie de 2471,5 ha. Que presenta en un paisaje de laderas altas desde el piso subalpino a alpino y clima muy frío húmedo a semihúmedo, con 900 a 1.000 mm de lluvia anual que abarca con una superficie 2350.47ha. La vegetación corresponde a un pajonal bajo, semidenso; las especies dominantes son (*Elyonurus cf tripsacoides* Willdd), *Elyionurus muticus* (Sprengel) Kuntzei y *Deyeuxia sp* formando pajonales casi puros, acompañan la paja (*Stipa sp.1*), (*Stipa sp.4*) y los pastos *Deyeuxia filifolia* Weddell, *Deyeuxia tarmenob* (Pilg.) Villav., *Deyeuxia fiebrigii* (Pilg.) Rugo *Chloris sp.*, *Schizachyrium sp 3*, también se tiene hierbas anuales y perennes destacando la taraca *Tillandsia sp.*, marlillo *Lycopodium saururus* Lamarck, hierba flor blanquita cerreña *Gentianella sp.* y algunos arbustos aislados especialmente en las depresiones como manzanita (*Pernettya sp.*) y *Brachyotum microdon* (Waud).

Una característica relevante es que el suelo permanece húmedo casi todo el año, debido a la concentración de la humedad ambiental por la formación de neblina como consecuencia de la intercepción orográfica de las masas de aire cargadas de humedad provenientes del Sur y Sureste, donde permite una permanente producción de biomasa

4.1.2. GRUPO 2 MATORRALES

Matorral ralo bajo a medio, mayormente caducifolio, deciduo por sequía, montano (3B4c)



El principal propagador del fuego del **Modelo 5** es de intensidad moderada se ubica en la parte superior del piedemonte del río Sola (aguas arriba de la comunidad de San Pedro de Sola). Presenta un clima frío semihúmedo con las características la temperatura media anual es de 17° C., mientras que la precipitación media anual varía desde los 800 mm en la parte baja, mostrando una evapotranspiración potencial de 1.186 mm presentando un déficit hídrico marcado desde abril hasta noviembre aproximadamente, con una vegetación de matorral ralo, bajo a medio, mayormente caducifolio, deciduo por sequía, montano.

Este modelo, presenta un porcentaje de 0,9% haciendo una superficie 74,08 ha. Es un matorral alto, denso en sitios con suelos más profundos y menos intervenidos, y suelos con abundante fragmentos gruesos. La especie dominante, es el churqui (*Acacia cave H&A*). Especie leñosa con características de arbusto alto o arbolito, deciduo, espinoso, típico de los valles semiáridos o mesotérmicos, forma matorrales o chaparrales puros, en este caso acompañan también arbustos como tholilla hoja dentada, brillante (*Baccharis sp.*), hediondilla (*Cestrum parqui. L'terr*), en forma aislada se presenta el molle (*Schinus molle L*). El estrato herbáceo corresponde a un pastizal formado principalmente por *Paspalum notatum Flueggue*, *Stipa sp.*, *Chloris sp.* y anís de campo *Tagetes pusilla Humboldt* en los sitios más intervenidos, pasan a dominar hierbas anuales y bianuales como moco chico *Gomphrena sp.*

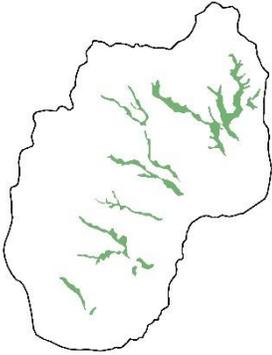
Matorral semidenso, medio, mayormente siempre verde, deciduo por sequía montano (3A3c)



El principal propagador del fuego de **Modelo 7** con vegetación de un matorral inflamable, de 0.6 a 2 metros de altura, que propaga el fuego bajo el arbolado se localiza en sitios de ladera con características edáficas, de exposición, altitud similares a los sitios donde se ubican los bosques de pino del cerro, puesto que son la continuación de éstos, en algunos casos los fondos de valles tienen mayor amplitud; caracteriza al piso ecológico montano y clima frío semihúmedo a templado semiárido. Estos matorrales son de cobertura generalmente semidensa a densa (40 a 70 %), medios a altos (0,5 a 5 m de altura.), presentan árboles emergentes aislados de aliso rojo, el estrato herbáceo es semidenso a ralo, bajo; las especies más abundantes y características determinadas en la muestra son: chacatea (*Dodonea viscosa* Jack), *Salvia* (*Aloysia* sp.1), *Thola* (*Eupatorium bunniifolium* Hooker e Arnott), *thola grande* (*Baccharis dracunculifolia* De. Candolle.) que en sectores pasa a ser dominante, acompañan otros arbustos como espinillo (*Duranta serratifolia*. Griseb. Kuntzei), *thola hoja entera* (*Eupatoriun bupleirifolium* De Candolle). El estrato herbáceo es bajo, ralo a semidenso, dominan gramíneas como pasto (*Deyeuxia* sp, pasto (*Paspalum* sp), pasto hojudo (*Ichnanthus* sp.2), y otras que caracterizan una buena riqueza florística de estos matorrales. Se localizan en piedemontes y terrazas aluviales, ligeramente inclinados a ondulados, con suelos generalmente moderadamente profundos; en el piso montano se practica agricultura a riego y seco con cultivos de maíz, papa, maní, arveja, haba, avena, hortalizas y algunos frutales; también se presentan áreas con vegetación secundaria y terrenos en descanso con especies nativas como ceibo (*Eritrina crista-galli* L.), tarco (*Jacarandá mimosifolia* D. Don.), churqui (*Acacia caven* (Mol.) H.& A.), varias especies exóticas como ciprés (*Cupresus* sp.), acacia (*Acacia cyanophylla*), eucalipto (*Eucalyptus* spp.) y varias especies arbustivas y hierbas anuales.

4.1.3. GRUPO 3 HOJARASCA BAJO ARBOLADO

Bosque denso a ralo, mayormente siempre verde, semideciduo, montano (1A3c)



Este **Modelo 9** se localiza formando fajas angostas a lo largo de valles estrechos, pendiente inferior de laderas, pequeños fondos de valle y terrazas aluviales de pequeños ríos y quebradas, ubicándose en paisajes de piedemonte fluvio glacial especialmente en las cabeceras de la zona de estudio, con exposición Sur y Sureste dentro del piso ecológico Montano, en las laderas extremadamente disectadas a escarpadas localizándose en la pendiente media de la serranía. Presentan un clima frío semihúmedo a muy frío semihúmedo, predominio de vegetación herbácea densa, graminoide baja, sin sinusia arbustiva, subalpino y matorral denso a ralo, medio, mayormente caducifolio, semideciduo, montano. Se caracterizan por el relieve muy escarpado con exposición Sur, pendientes que están por encima del 100%, lo que hace de estos sitios prácticamente inaccesibles para el hombre y los animales domésticos. Es un bosque bajo de cobertura variable, generalmente denso a ralo (20 a 80 %), rico en especies, las más características y dominantes son el pino del cerro (*Podocarpus parlatorei Pilger*) y el aliso flojo o aliso chato (*Myrica pubescens Wild*), este es un modelo de combustibilidad rápidos con llamas más largas o altas. El estrato arbustivo y herbáceo es ralo, rico en latifoliadas, forbias y gramíneas, con especies endémicas y otras restringidas donde destacan: Dominguillo (*Randia sp.*), espinillo (*Duranta serratifolia*) (Griseb.) Kuntzei.), thola (*Eupatorium bunniifolium Hooker e Arnott*), thola grande (*Baccharis dracunculifolia De Candolle*) y otras; el estrato herbáceo se caracteriza por la presencia de varios pastos (*Eragrostis sp.*), pasto monteño (*Ichnantus sp.*), pasto bandera (*Oplismenus hirtellus Beauv.*), hierba (*Dioda sp.*); epífitas como la sachá (*Tillandsia usnoides Ripsalis*). En sitios de mayor altitud, mayor nubosidad y más húmedos, está asociado a la queñua (*Polylepis sp.*), aliso blanco (*Alnus acuminata H.B.K.*), chirimolle (*Schinus andinus* (Engl.) I.M. J.) y otras determinadas en la muestra.

Área antrópica (cultivos agrícolas, barbechos y vegetación secundaria)



Se localizan en la comunidad de San Pedro de Sola, concretamente en las terrazas aluviales y plano inundable del río Sola. Tiene 138.66 ha de superficie que representan el 1.7 % de la superficie total.

Es un matorral medio, denso a ralo, casi puro compuesto por chilca (*Baccharis sp1*), en forma aislada se encuentra la thola grande (*Baccaris dracunculifolia De. Candolle.*); el estrato herbáceo es ralo a denso, bajo con predominio de gramíneas como pasto gramilla (*Muhlenbergia peruviana (Beauv) Steud.*), trebol (*Trifolium sp.*), anís de campo (*Tagetes pusilla H. B. K.*).

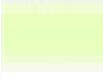
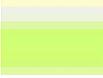
Lecho de río. LR



Con 86,96 ha, que equivale al 1,1 % de la zona de estudio, corresponde al plano inundable del Sola, por la dinámica fluvial del paisaje aluvial, existe vegetación muy rala con especies de los géneros *Paspalum*, *Digitaria*, *Microchloa*, *Cyperus*, *Tagetes*, *Baccharis*, *Acacia*, *Salís*, *Schinus*.

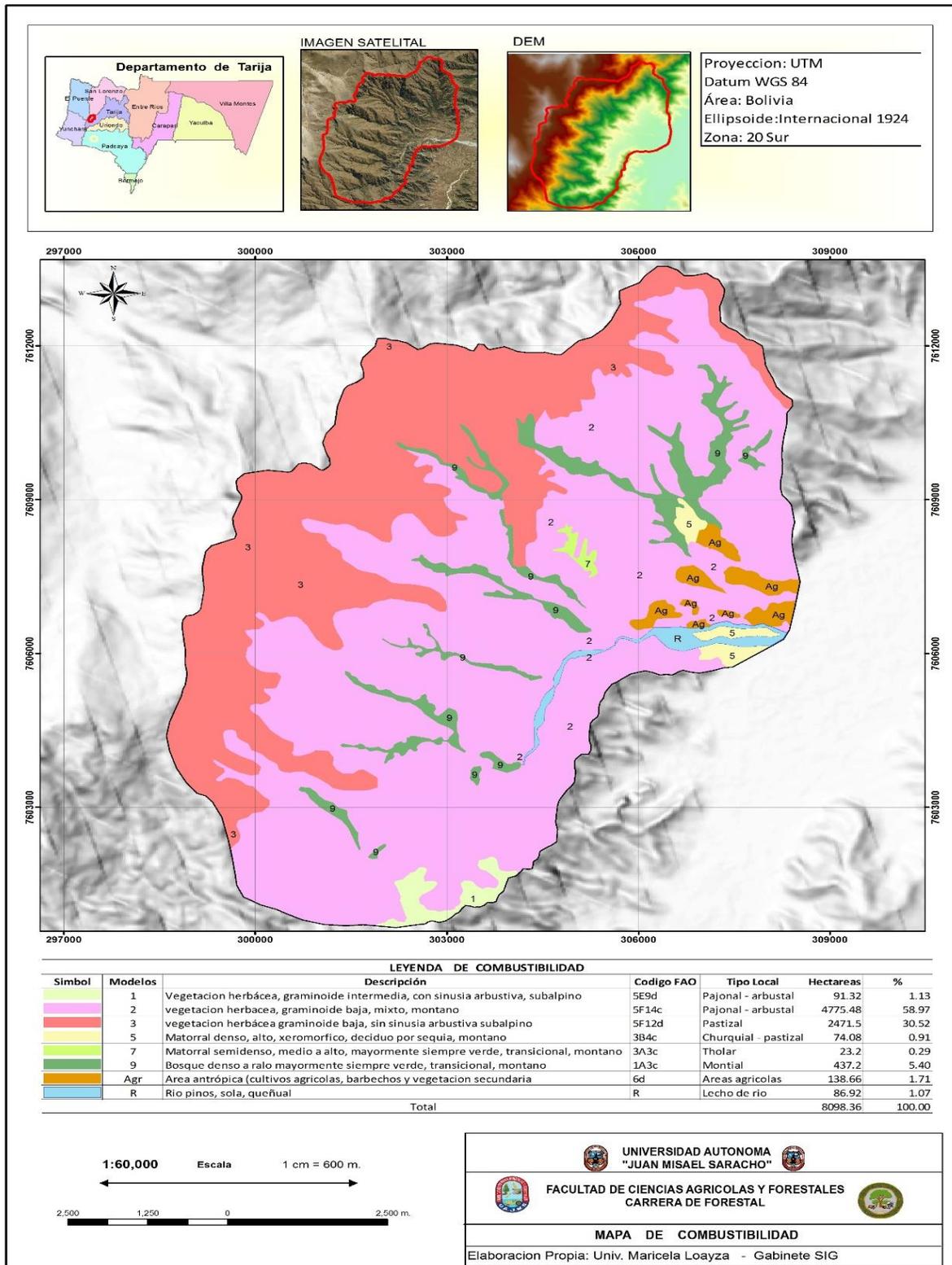
El chilcar se desarrolla en un paisaje aluvial compuesto por terrazas bajas y vegas de los ríos. Los suelos tienen pendientes de 2 a 10 %, muy pedregosos y rocosos, superficiales, con abundantes fragmentos gruesos en el perfil, sin procesos acelerados de erosión de hídrica.

LEYENDA DE MODELOS DE COMBUSTIBILIDAD

| Tipo Local | Descripción | Modelo | Cod. Fao | Ha. | % |
|--|---|---|----------|----------------|--------------|
|  Pajonal arbustal | Vegetación herbácea, graminoide intermedia, con sinusia arbustiva, montano | 1 Los incendios se propagaran con gran velocidad por el pasto | 5E9d | 91,32 | 1,1 |
|  Pajonal arbustal | Vegetación herbacea, graminoide baja, mixto, montano. | 2 El combustible está formado por el pasto seco y la hojarasca y ramillas caídas desde La vegetación leñosa | 5F14c | 4775,48 | 59,0 |
|  Pastizal | Vegetacion herbácea graminoide baja, sin sinusia arbustiva subalpino | 3 Los incendios son los más rápidos y de mayor intensidad. | 5F12d | 2471,5 | 30,5 |
|  Churquial pastizal | Matorral ralo bajo a medio, mayormente caducifolio, deciduo por sequía, montano | 5 Fuego de intensidad moderada | 3B4c | 74,08 | 0,9 |
|  Tholar | Matorral semidenso, medio, mayormente siempre verde, deciduo por sequía montano | 7 Matorral inflamable, de 0.6 a 2 metros de altura, que propaga el fuego bajo el arbolado. | 3A3c | 23,2 | 0,3 |
|  Montial | Bosque denso a ralo, mayormente siempre verde, semideciduo, montano | 9 Los fuegos son más rápidos y con llamas más largas que en el modelo 8 | 1A3c | 437,2 | 5,4 |
|  Areas agricolas | Área antrópica (cultivos agrícolas, barbechos y vegetación secundaria | Áreas agrícolas | 6d | 138,66 | 1,7 |
|  Lecho de rio | Rio pinos, sola, queñual | Rio Sola | R | 86,92 | 1,1 |
| TOTAL | | | | 8098,36 | 100,0 |

Fuente: Elaboración Propia

MAPA N ° 1 MODELO CARTOGRÁFICO DE COMBUSTIBILIDAD



4.2. Descripción de las variables de Vulnerabilidad

El modelo cartográfico permite estimar el riesgo de incendios forestales a través de mapas temáticos con matrices para cada una de las cinco variables de vulnerabilidad, que son: combustibles, topografía, clima, influencia de la red de caminos, influencia de las comunidades que se describen a continuación:

4.2.1. Descripción del Mapa de amenaza de Combustibles

No toda la vegetación quema de la misma manera ni con la misma facilidad. Existen tipos de plantas y árboles que queman con mucha facilidad y otros que son más resistentes al fuego. La naturaleza ha creado mecanismos para hacerlas, y estas son las que de manera natural se encuentran en los territorios donde se pueden producir incendios. Además dentro de una misma especie vegetal no todas las partes queman por igual, las hojas y las ramas pequeñas queman más fácilmente que los troncos y las ramas gruesas.

La capacidad de regeneración de las distintas especies tras un incendio también es muy variable. Hay especies que rebrotan con mucha facilidad, como los pinos y otras especies que se recuperan muy lentamente, como los Alisos.

Los troncos de los árboles, las ramas gruesas y matorrales grandes arden más difícilmente y cuando el fuego está más avanzado. Las ramas secas, las hojas, la hojarasca del suelo, los helechos y las pequeñas plantas, son los combustibles que queman con mayor facilidad. Normalmente, estos son los materiales que originan los incendios.

Es importante conocer el tipo y modelo del combustible vegetal que rodea a las estructuras en peligro (pasto, matorral, arbolado). La variable de amenaza de combustibilidad o inflamabilidad, presentado con un peso del 30% que se seleccionaron con los modelos donde los modelos son agrupados por pastizales, matorrales, hojarasca bajo arbolado.

4.2.2. Descripción de Mapa de Amenaza de Topografía

La topografía es la más constante de los componentes y tiene gran influencia. Los factores topográficos que afectan de forma importante al comportamiento del fuego.

La pendiente es el factor topográfico más importante en el comportamiento del fuego. Ejerce influencia en las formas de transmisión de energía, de manera que en las zonas altas los fenómenos de convección y radiación son más eficientes. Por eso, a mayor pendiente, mayor será la velocidad de propagación del fuego que asciende y más lento el progreso de las llamas en sentido descendente.

Los fondos de barrancos con mucha pendiente y laderas muy próximas son los que tienen condiciones adecuadas para una rápida propagación, ya que, cuanto más reducidos sean los espacios abiertos en el desarrollo del incendio forestal, más rápido se calentará el aire que lo rodea. Esto provocará que el ascenso del aire se acelere y se generen vacíos que serán ocupados por las llamas.

El mapa de pendientes. Con un peso de 30 % En los incendios forestales se considera que pendientes inferiores 0 – 10 % (en el mapa en color verde) son favorables para la extinción del incendio y su riesgo es bajo. Pendientes entre el 10 – 45% (color rojo claro) se consideran de riesgo alto y superiores al 45% (color rojo) de riesgo muy alto.

El factor topográfico es el más determinante en la propagación del fuego por la pendiente, no obstante otros como la exposición pueden influir en el comportamiento de un incendio forestal.

La pendiente influye en las formas de transmisión de calor haciendo que ladera arriba los fenómenos de radiación y convección sean más eficientes, provocando un precalentamiento de los combustibles que ayuda a que el incendio se propague rápidamente. También favorece la aparición de focos secundarios por delante del frente.

Mapa de amenaza en topografía que refleja la abrupta topografía en el área, con grandes diferencias de altitud y valles estrechos en los que podrían darse fenómenos de “chimenea” (incremento de la velocidad y de propagación del incendio).

4.2.3. Descripción Mapa de amenaza de Orientación de laderas

De acuerdo a su exposición, se refiere a la orientación o posición de laderas y/o pendientes, por lo que también influye en el desarrollo de la vegetación y en el desarrollo del incendio por las variaciones de viento y radiación solar que reciben las laderas. Como carácter general puede decirse que las orientaciones de solana en laderas hacia el Norte y el Este, reciben mayor insolación por lo que exponen a los combustibles a que se encuentren más secos y tienen menos cantidad de combustibles que las de umbría, laderas orientadas al Oeste que siempre se encuentran con mayor humedad y cobertura vegetal.

El mapa de orientación de laderas y dirección del viento presentan un peso de 15 %.

Por otra parte, la dirección de los vientos durante los meses críticos de ocurrencia de incendios que van de junio a octubre, provienen del Noreste y del Sur. En consecuencia, en laderas orientadas en sentido de los vientos, el fuego se desplazará con mayor rapidez.

Exposiciones Norte y este son las más peligrosas para un incendio forestal, por presentar valores más altos de temperatura y menor cantidad de agua, por lo que los combustibles serán más secos y fácilmente incendiables dándoles un grado de amenaza de muy alto y alto en cambio las orientaciones Oeste y Sur son de bajo a media.

4.2.4. Descripción de Mapa de Influencias de Caminos

Otro factor importante es la presencia de caminos, con el método de distancia Euclidean se realizó la categorización de amenaza de la influencia de caminos dándole un peso de importancia 10 % como norma general mientras más cerca los caminos, mayor influencia y probabilidad de inicio de un incendio. Se encontraron tres niveles de amenaza en el área como baja moderada y alta.

4.2.5. Descripción de Mapa de Influencias de Comunidades

De la misma manera el factor o variable como influencia de comunidades aplicando el método de distancia Euclidean se realizó la categorización de amenaza de la influencia de comunidades designándole un peso de importancia 15% como norma general mientras más cerca las comunidades o viviendas, ya sean estas conjuntas o dispersas, presentan mayor influencia y probabilidad de inicio de un incendio. Se encontraron tres niveles de amenaza en el área como baja moderada y alta.

4.3 Estimación de riesgo de incendios Forestales

En la perspectiva geográfica aplicada a los riesgos naturales, se debe considerar que el riesgo que produzca daños presenta un aspecto natural.

El riesgo de incendios forestales se define como la probabilidad de que se produzca un incendio en una zona y en un intervalo de tiempo determinado, como resultado del cruce, entre las variables se obtuvo el riesgo de incendios forestales que se detallan:

4.3.1 Riesgo muy alto 5



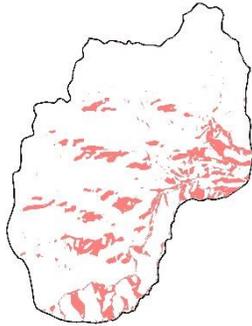
En el mapa el área de estudio el riesgo es muy alto presenta una superficie de 6859.44 ha. Haciendo el 84.7 % del área de estudio donde se encuentran el **modelo 2** con mayor dominancia presentando una vegetación herbácea graminoide mixta montano, presenta un tipo de combustible muy inflamable que está formado por el pasto seco, hojarasca y ramillas caídas, donde predominan las especies como paja, pastos entre las especies arbustivas más abundantes están la Tholilla y tholilla hoja dentada brillante. Al sur del área de estudio y al noroeste una vegetación herbácea baja, sin sinusia arbustiva, habiendo el **modelo 3** siendo un propagador donde la vegetación corresponde a un pajonal bajo, semidenso; las especies dominantes de pajonales casi puros, acompañan la paja por pastos, también se tiene hierbas anuales y perennes destacando la taraca y marlillo.

En el **modelo 9** que se presenta en menor proporción, como fajas angostas a lo largo de valles estrechos, pendiente inferior de laderas, pequeños fondos de valle y terrazas aluviales de pequeños ríos y quebradas, con un bosque bajo de cobertura variable, generalmente denso a ralo (20 a 80 %), rico en especies, las más características y dominantes son el pino del cerro y el aliso flojo o aliso chato, estas especies presentan un grado de combustibilidad muy alto que contiene sustancias químicas volátiles como en caso de los pinos por contener resinas, por esta razón el fuego se propaga más rápidamente.

El riesgo muy alto presenta una orientación de exposición dominante de Este a Sudeste, resaltando que presentan pendientes mayores a 45% en los tres modelos de combustibilidad de riesgo muy alto.

4.3.2. Riesgo alto 4

El riesgo alto que es el segundo con mayor superficie en el área de estudio haciendo el



12.3% con un 997.46 ha. Donde están distribuidos dispersamente en las áreas ubicadas con exposición noreste en las laderas con una Vegetación herbácea baja, sin sinusia arbustiva

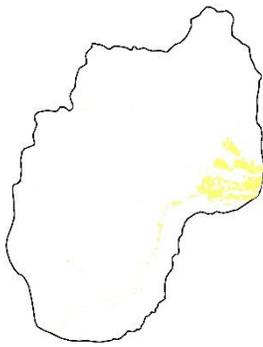
El principal propagador del fuego en el **Modelo 3** son los incendios más rápidos y de mayor intensidad que presenta en un paisaje de laderas altas desde el piso subalpino a montano La vegetación corresponde a un pajonal bajo, semidenso; las especies dominantes son formados por pajonales casi puros, acompañan la paja y los pastos.

En general las laderas (solanas) están sometidas a una mayor insolación por lo que tienen menor humedad y menos vegetación que las laderas (umbrias) que llegan menos sol por esta razón el dominio de los pajonales y además en las solanas se formarán con más frecuencia corrientes de aire de convección ascendentes, por lo que el fuego avanzara más rápidamente. En las laderas (solanas) suele haber combustibles más ligeros que en las laderas (umbrías). Con estos combustibles más secos e

inflamables, las exposiciones sur son más susceptibles a fuegos rápidos con alta intensidad. Además, el efecto del sol a partir del mediodía calienta y seca las laderas de solana, volviendo el fuego más violento.

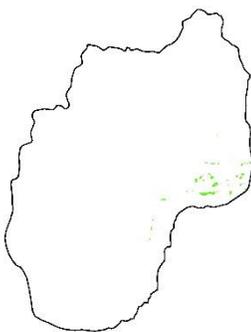
El paisaje se presenta en la montaña estructural alta con laderas en cuarcitas, areniscas y conglomerados. Son laderas generalmente con exposición norte a noreste, que se localizan en la pendiente media de la Cordillera de Sama. El relieve es muy escarpado con frecuentes afloramientos rocosos.

4.3.3. Riesgo Moderado 3



El riesgo moderado distribuido en la parte baja del área de estudio con una superficie de 217.73 ha. Constituyendo el 2.7 % el fuego cataloga de una intensidad moderada con una tipo de vegetación compuesta por Matorral ralo bajo a medio, mayormente caducifolio, deciduo por sequía con suelos más profundos y menos intervenidos, y suelos con abundante fragmentos gruesos. La especie dominante, es el churqui con características de arbusto alto o arbolito, deciduo, espinoso, típico de los valles semiáridos o mesotérmicos, forma matorrales o chaparrales puros, en este caso acompañan también arbustos como tholilla hoja dentada, brillante, hediondilla, el molle y otras. El estrato herbáceo corresponde a pastizales y anís de campo en los sitios más intervenidos, pasan a dominar hierbas anuales y bianuales como moco chico.

4.3.4. Riesgo Bajo 2



La unidad se forma por varios polígonos ubicados en San Pedro de Sola. Tiene una superficie de 23,73 ha. Que representan el 0,3 % de la superficie total.

Se ubica en el pie de montes y terrazas aluviales, con pendientes generalmente suaves, suelos profundos, destinados a la siembra de cultivos a riego y secano de maíz, papa, maní, arveja, haba, avena y hortalizas. Entre los cultivos se encuentran algunos frutales,

especies nativas como aliso, ceibo, tarco, pino del cerro, churqui, varias especies exóticas como Ciprés, acacia, y eucalipto.

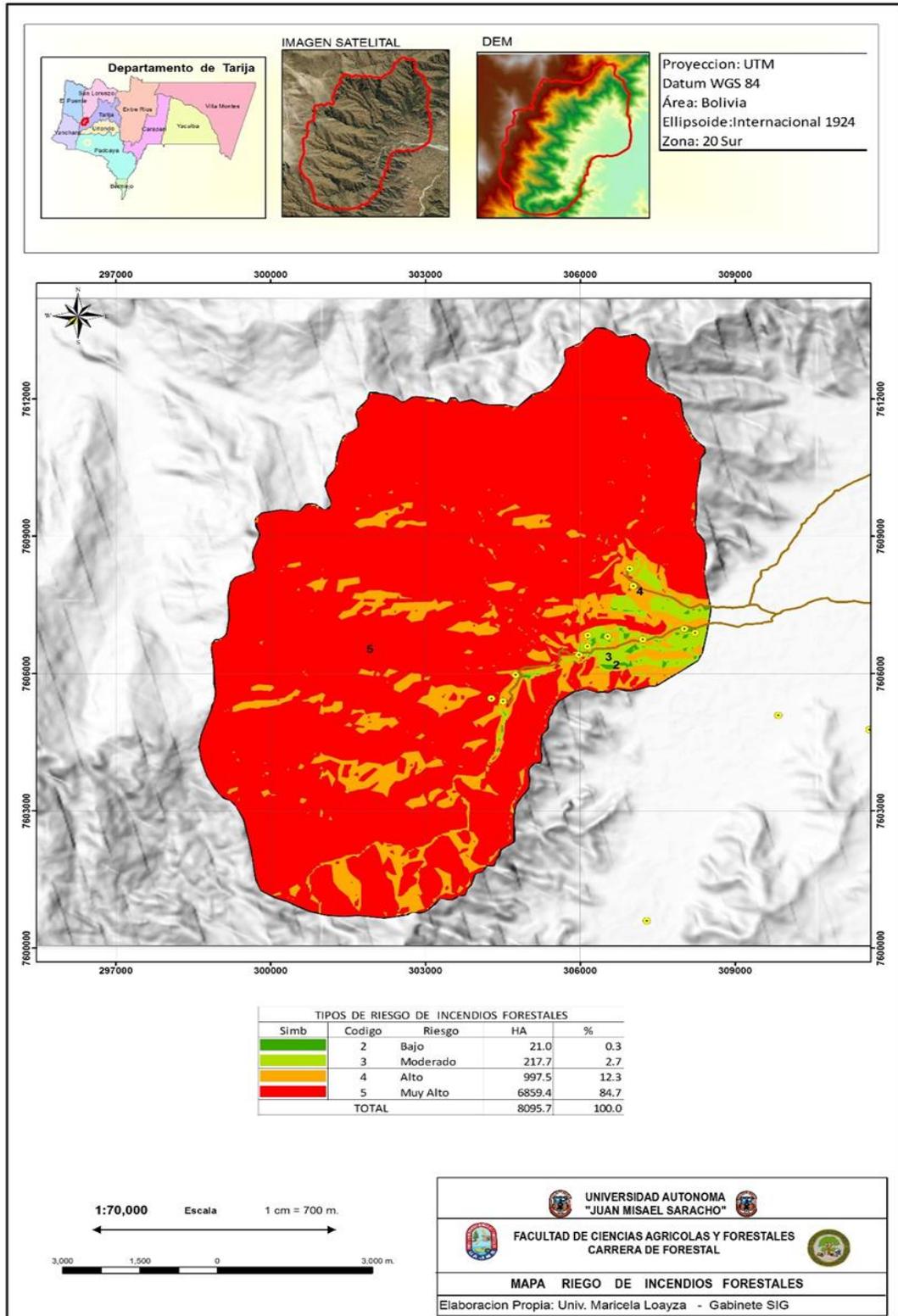
También se presenta en la vulnerabilidad 2 el lecho de río que corresponde al plano inundable de río San Pedro de Sola y se concentra la población formando pequeños poblados y viviendas dispersas de la comunidad Sola.

Leyenda de Mapa Riesgo de Incendios Forestales

| Amenaza | Código | ha. | % |
|----------------|---------------|------------|----------|
| Bajo | 2 | 23.7 | 0.3 |
| Moderado | 3 | 217.7 | 2.7 |
| Alto | 4 | 997.5 | 12.3 |
| Muy alto | 5 | 6859.4 | 84.7 |
| total | | 8098.4 | 100.0 |

Fuente: Elaboración Propia

MAPA N° 2 RIESGOS DE INCENDIOS FORESTALES



CAPITULO V

5.- CONCLUSIONES

En esta clasificación influyen tanto las características como la disponibilidad del combustible. En el presente estudio se encontraron 6 modelos de combustibilidad en el área de los trece de Rothermel, el **Modelo 1** que son los incendios que se propagaran con gran velocidad, compuestas por pajonal medio a bajo, semidenso a denso, su combustibilidad de propagación es con gran velocidad por las pajas y el pasto seco, con una superficie de 91,32 ha. Siendo el 1,1% el **Modelo 2** ocupando una superficie de 4775.48 ha. Que es el de mayor porcentaje de los modelos con el 59.0 % del área estudiada, su combustible que está formado por pasto seco, hojarasca y ramillas caídas, compuestas, con pastizal bajo a medio, con un estrato arbustivo medio ralo en las laderas y denso en las depresiones. El **Modelo 3** son más rápidos y de mayor intensidad compuestos por pajonal bajo, semidenso siendo la vegetación corresponde a un pajonal bajo, semidenso; en la parte alta con especies dominantes como pajonales casi puros, acompañado de la paja con una superficie de 2471,5 ha. Con un 30,5 %. El **Modelo 5** son Fuego de intensidad moderada presentado por Matorral ralo bajo a medio, mayormente caducifolio, Este modelo, esta presenta un porcentaje de 0,9 % haciendo una superficie 74,08 ha. También hay presencia de matorral alto denso en sitios con suelos más profundos y menos intervenidos. La especie dominante, es el churqui, una especie leñosa con características de arbusto alto o arbolito, deciduo, espinoso, típico de los valles semiáridos o mesotérmicos, forma matorrales o chaparrales puros, El **Modelo 7** con una superficie de 23.2 ha. comprendiendo el 0.3 % compuestos por Matorral inflamable, que propaga el fuego bajo el arbolado presentes en Matorral semidenso, medio, mayormente siempre verde, Estos matorrales son de cobertura generalmente semidensa a densa (40 a 70 %), medios a altos (0,5 a 5 m de altura.), presentan árboles emergentes aislados de aliso rojo, el estrato herbáceo es semidenso a ralo, bajo; las especies más abundantes y características determinadas son, chacatea y el estrato herbáceo bajo, ralo a semidenso, dominan las gramíneas como pasto, en el piso

montano se practica agricultura a riego y seco y los **Modelos 9** son fuegos rápidos muy inflamables y con llamas más largas.

Es los bosque bajo de cobertura variable, generalmente denso a ralo (20 a 80%), rico en especies, las más características y dominantes son el pino del cerro y el aliso flojo o aliso chato con una superficie de 437.2 ha siendo el 5.4 %.

El estudio ha demostrado el potencial de riesgo de incendio forestal en el área cruzando las variables evaluadas nos muestra que tiene una vulnerabilidad o peligrosidad muy alta, siendo dominante en el área debido al tipo de combustible presentes como también al tipo de paisaje, predominando pendientes muy escarpadas presentándose en un 84.7% donde la cobertura vegetal como combustibles más representativos y peligrosos son los pastizales y pajonales. La vulnerabilidad o peligrosidad alta 4 es parecida en sus formaciones de vegetación o combustibilidad de la amenaza muy alta, diferenciándose en la topografía con la exposición o posición de laderas de las montañas con respecto al ángulo de incidencia de los rayos solares tienen un efecto importante sobre la temperatura y la humedad relativa. En general, las laderas de solana tienen una temperatura mayor y sus vegetales menor cantidad de agua y, por tanto, de combustible. Por el contrario, las laderas de umbría tienen menos temperatura y sus vegetales mayor humedad., con una superficie en el área haciendo el 12.3% mientras que en la vulnerabilidad 3 y 2 son de menor proporción ubicadas en las partes bajas con polígonos dispersos en San Pedro de Sola con vegetación compuesta por Matorral ralo bajo a medio, mayormente caducifolio, y también por cultivos de riego y seco en la vulnerabilidad 2.

5.1. RECOMENDACIONES

Debido a los modelos de combustibilidad e inflamabilidad presentes en la zona es conveniente realizar proyectos de conservación y prevención, es necesario hacer un plan de manejo como la silvicultura preventiva, con el propósito de modificar la estructura del combustible disponible y así disminuir la velocidad de propagación aún más en la zonas donde el factor topográfico beneficie al incendio con el objeto de protección de los incendios en la Reserva Biológica Cordillera de Sama.

El riesgo muy alto alcanza un 84.7%, con ello se advierte que en el área de estudio se deben tomar en consideración prácticas para evitar la propagación de quemas, principalmente las que se inician en las áreas de los pastizales y tholares, Es necesario seguir realizando estudios de este tipo ya que estos marcaran la pauta, de estimar el riesgo a través del tipo de vulnerabilidad y amenaza del incendio el manejo del combustible como una herramienta en la prevención de incendios forestales y para sentar precedente sobre el manejo del fuego en la región.