

## **CAPÍTULO I**

### **REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA**

#### **1.1. CONCEPTOS BÁSICOS EN EL ESTUDIO DEL ARBOLADO URBANO.**

##### **1.1.1. Vegetación.**

Según Martínez (2005) la vegetación es el resultado de la acción de los factores ambientales sobre el conjunto interactuante de especies que habitan en un espacio continuo y es reflejo del clima, la naturaleza del suelo, disponibilidad de agua y de los nutrientes, así como, los factores antropogénicos y bióticos, la vegetación estabiliza los suelos, reduce las amenazas de la erosión y los deslizamientos que podrían resultar en la contaminación y la sedimentación de los cuerpos de agua, poniendo en peligro a personas, edificios, propiedades y la destrucción del hábitat.

##### **1.1.2. Definición de un árbol.**

Botánicamente un árbol es una planta leñosa y perenne, que a cierta distancia del suelo se ramifica desarrollando ramas secundarias y estas constantemente se están ramificando produciendo una gran copa. Mucha gente piensa que todas las plantas que son grandes son árboles, pero eso no es así, ya que a pesar de ser muy altas como la papaya, el bambú o las palmeras no se los puede considerar un árbol por que no producen maderas.

#### **1.2. BOSQUE URBANO.**

De acuerdo con Áreas y Gonzales (2008) el “bosque urbano” hace referencia al conjunto de recursos naturales: agua, suelo, clima, paisaje, plantas y organismos asociados, que se desarrollan relacionados con asentamientos humanos (pueblos y ciudades), cerca de edificios, en jardines públicos y privados, en parques urbanos de diversa escala, en lotes baldíos, cementerios, así como en las áreas agrícolas, forestales y naturales, localizados en áreas urbanas y peri urbanas. Este concepto amplio la perspectiva del importante y diverso papel que poseen estas áreas para

aminorar los impactos negativos de la urbanización sobre los ecosistemas regionales y el mejoramiento de la calidad ambiental de las ciudades, las cuales constituyen actualmente el hábitat humano dominante en el planeta.

### **1.3. ÁRBOL EN LA CIUDAD.**

El árbol urbano es un elemento fundamental en el paisaje de la ciudad, brinda diversos beneficios de orden ambiental, estético, paisajístico, recreativo, social y económico, los cuales son aprovechados de variadas formas por los pobladores locales, estos disfrutan de su presencia y lo convierten en un elemento integrante del paisaje urbano, a tal punto que "se constituye en uno de los indicadores de los aspectos vitales y socioculturales de la ciudad"

### **1.4. ÁRBOL URBANO PÚBLICO.**

Según Perdomo (2005), son todos aquellos árboles, arbustos y palmas en cualquier estado de crecimiento, ubicados sobre terrenos públicos, con fines de protección de la red hídrica, lúdica, de circulación urbana, ambiental, así como en áreas degradadas, áreas de disposición de derechos y franjas de servidumbre. Se excluyen árboles ubicados en área privada, los tocones ubicados en el área pública y la vegetación de jardinería ubicada en el área pública.

### **1.5. ÁREAS VERDES.**

De acuerdo a la CONAMA (2002) se considera "áreas verdes", a los espacios urbanos, ocupados con árboles, arbustos o plantas, que pueden tener diferentes usos, ya sea cumplir funciones de esparcimiento, recreación, ecológicas, ornamentación, protección, recuperación o bien rehabilitación del entorno o similares.

### **1.6. ARBORIZACIÓN DE CALLES.**

La arborización de calles se refiere a aquellos árboles ornamentales, ubicados en las veredas, que forman conjuntos lineales a lo largo de las calles, asociadas a una función principalmente estética (ACHIM 1996).

## **1.7. CRECIMIENTO DEMOGRÁFICO EN TARIJA.**

El crecimiento demográfico del departamento de Tarija, se caracteriza por ser un proceso acelerado, ocupando el tercer lugar con crecimiento poblacional después de Pando y Santa Cruz, dando lugar a la expansión territorial (mancha urbana) y al desplazamiento masivo de la población rural hacia los municipios.

## **1.8. IMPORTANCIA DEL ARBOLADO URBANO.**

En la actualidad los arboles tienen una función muy importante para la ciudad. Si consideramos a los bosques como el conjunto de los arboles agrupados en grandes extensiones de terreno, podemos considerar de acuerdo a este término que el conjunto de los árboles de las áreas verdes urbanas, constituyen un bosque urbano y de igual manera podemos obtener sus servicios y por lo tanto es importante considerar los factores que el árbol modifica en el medio ambiente y por consecuencia las variaciones o alteraciones en las condiciones ambientales que afectan al árbol.

El árbol tiene múltiples funciones y generalmente contribuye con sus beneficios a mejorar la calidad del ambiente urbano, obteniéndose mayores beneficios cuando se establece un criterio técnico en su manejo (ubicación, tipo de especie, características del medio y de la especie, mantenimiento).

## **1.9. TIPOS DE ESPACIOS PÚBLICOS EN LA CIUDAD.**

Palomo (2007) afirma que el espacio público se clasifica de manera amplia y se distinguen tres tipos específicos de espacios públicos en la ciudad:

### **1.9.1. Plazas.**

La plaza es el resultado de la agrupación de casas alrededor de un espacio libre o el ensanchamiento de una sección o una calle, generalmente se dan entre edificios importantes por su arquitectura o por la función que cumple.

Se clasifican de acuerdo a su forma y accesibilidad, fachadas que la limitan, tipos de pisos (desniveles, vegetación y pavimentos), tamaño y rango en la localidad.

### 1.9.2. Calles.

La formación de las calles es resultado del crecimiento de un asentamiento después de haber rodeado la plaza central con edificaciones. Las características de las calles son:

- La disposición longitudinal de la calle a diferencia de la plaza, permite la transición con rapidez tanto peatonal como vehicular.
- Facilitan la distribución organizada de terrenos y a su vez, la comunican.
- El espacio de las calles o “callejero” solo puede funcionar cuando esté integrado a un sistema ordenado, en base a que la calle sea el lugar del movimiento peatonal.

### 1.9.3. Parques.

Los parques son un lugar de escape a las presiones y rutinas de la vida urbana. Los hay en diferentes niveles, los cuales permite clasificar en:

- **Nivel barrio:** aquellos que se encuentran a 10 minutos caminando de las zonas de vivienda.
- **Nivel distrito:** son para una zona de la ciudad o accesibles a algún subcentral urbano, localizados en vialidades secundarias y tienen facilidades de transporte público
- **Nivel ciudad:** son aquellos que dan servicio a toda la ciudad, generalmente son usados los fines de semana y por lo mismo son muy accesibles por las vialidades principales que lo ordenan.

## 1.10. BENEFICIOS QUE BRINDAN LOS ÁRBOLES EN LA CIUDAD.

Los árboles como parte fundamental en el diseño de las ciudades contribuyen con una serie de beneficios eco-sistémicos de forma directa e indirecta, convirtiéndose en un patrimonio importante que mejora la calidad de vida del hombre.

### **1.10.1. Beneficios ambientales.**

Olmos (1991), afirma que la vegetación influye directamente sobre la temperatura de la ciudad disminuyendo las islas de calor que generalmente registran valores mayores en el centro de la ciudad por la capa de contaminación atmosférica, la generación de calor por los automóviles y la escasa evapotranspiración.

Las presencias de árboles incrementan la superficie protegida de la radiación solar y a su vez la vegetación incrementa la humedad ambiental por la transpiración y el riego de los suelos con vegetación.

Por medio de las estomas, los árboles disminuyen los contaminantes gaseosos del aire ya que estos los captan y entran a los espacios intracelulares pudiendo ser absorbidos por películas de agua tomando formas ácidas o, reaccionar con las superficies internas de la hoja (Smith, 1990).

Durante las estaciones del año se producen variaciones de temperatura, siendo los árboles parte de la remediación de esta, actúan como corta vientos durante los meses de invierno y proveen de sombra durante los de verano, sobre todo ayudan a mitigar el efecto de las islas de calor. Las superficies duras de las construcciones reflejan la radiación solar, devolviéndola a la atmósfera en forma de energía. La vegetación la absorbe y la usa para su subsistencia (80%) y para la creación de biomasa (Priego, 2002).

Los árboles influyen en la hidrología urbana ya que previenen la erosión estabilizando el suelo; evitan que la lluvia llegue de manera directa al suelo interceptándola por medio de las copas, reduciendo la velocidad y volumen de la escorrentía superficial. Al ser las áreas verdes zonas porosas, estas absorben el agua de la lluvia gracias a la hojarasca y vegetación existente.

En las ciudades abundan los ruidos molestos causados por el hombre (conciertos, manifestaciones, obras, estos pueden ser reducidos mediante la instalación de árboles y arbustos con un diseño establecido. El ruido transmitido es dispersado por las hojas

y ramas y absorbido por el suelo, el suelo desnudo atenúa frecuencias de 200-1000 Hz, la atenuación máxima depende de la permeabilidad del suelo al aire. La dispersión y la atenuación del suelo son los factores principales en la reducción del sonido por la vegetación. Las hojas y ramas reducen el sonido transmitido, principalmente dispersándolo, mientras el suelo lo absorbe (Aylor, 1972).

La efectividad de la vegetación para controlar ruidos está determinada por el sonido mismo, la configuración de la plantación arbórea y las condiciones climáticas (Priego, 2002).

### **1.10.2. Beneficios Sociales.**

Las áreas verdes son espacios de recreación en las cuales prima la naturaleza y cuyos componentes están dados por los árboles, arbustos y demás plantas herbáceas así como gramíneas. Estas cumplen una importante tarea de naturalización de las personas dentro de las ciudades, al crear conciencia ecológica por medio de los principios ecológicos y de sus interconexiones, acercando a las personas al medio natural, generando satisfacción y bienestar.

La presencia de las áreas verdes dentro de una comunidad, llega a estrechar los lazos e intereses entre los miembros de esta, creándose vínculos en común al organizarse para la mejora de las áreas públicas, en especial en este caso de los parques y arbolado en general.

La presencia de áreas verdes como parques y vías arborizadas, son la razón de que muchos de los residentes puedan equilibrar estados de ansiedad, depresión, reducir el estrés en el trabajo introduciendo la calma y tranquilidad entre otros. Se ha demostrado que los paisajes con árboles y vegetación producen sensaciones de bienestar en las personas; así mismo, estudios demuestran que pacientes de hospitales y clínicas que cuentan con vistas a árboles se recuperan mucho más rápido por ser más estimulante y terapéutico (Ulrich, 1984). También los niños con déficit de atención presentan un mejor comportamiento en ambientes arbolados (USDA, 2012).

Es así como los árboles mejoran la calidad de vida de las personas, al convertir las áreas duras de la ciudad en lugares estéticos que aumentan la satisfacción del día a día, relacionando a la gente con el entorno físico natural; proveyendo de emociones positivas, tranquilidad, identidad con la comunidad y sus miembros y hasta mejorando el estado de salud y recuperación de pacientes hospitalizados.

### **1.10.3. Beneficios Económicos.**

Las propiedades cercanas a áreas verdes o lugares arborizados incrementan su valor hasta en un 20%. Un estudio sobre venta de casas unifamiliares en Atlanta, Georgia, reflejó que las casas con árboles están asociadas con el aumento de 3.4 a 4.5% del valor de la venta, el número de árboles muestra una correlación positiva con el precio de venta, lo que significa que un mayor número de árboles se asocian con casas que se venden por más dinero. En este estudio, las casas que tienen más árboles también tendían a ser más grandes y a tener características más deseables, de modo que una porción sustancial del aumento del precio del 20% asociado con los árboles se atribuía al número de servicios (Anderson y Cordell, 1988).

### **1.10.4. Beneficios estéticos.**

La ciudad constituida por viviendas e innumerables edificios, refleja una forma dura y sin color que se convierte en parte de la monotonía de la vida diaria. Los árboles en las avenidas y calles ayudan a generar espacios con vida y color añadiendo belleza y gracia con sus hojas, flores y frutos, haciendo de la vida más placentera y diversa.

En relación al tráfico de vehículos, la presencia de árboles adultos da la impresión de calles más estrechas, lo que ocasiona una reducción de la velocidad. En carreteras con árboles perimetrales, de igual forma provocan una circulación más lenta, además de facilitarla dibujando las curvas de la carretera (Calaza, 2016).

## **1.11. ASPECTOS MECÁNICOS EN EL ARBOLADO URBANO.**

Los daños mecánicos son muy comunes en áreas urbanas y son producto de heridas causadas por el hombre en los tallos o ramas de los árboles o palmas, por desconocimiento acerca de los beneficios que nos proporcionan los árboles o por

malas intenciones. Estas heridas si no son tratadas a tiempo pueden agravarse por la aparición de pudriciones causadas por el agua en los tejidos internos del árbol y que posteriormente atraen plagas o enfermedades que pueden producir su muerte. Los daños mecánicos más comunes se presentan por clavos, alambres, guadañas, lámparas u otros agentes (Lady Laura Orjuela González, 2007)

### **1.12. ASPECTOS FITOSANITARIOS EN EL ARBOLADO URBANO.**

La presencia de plagas y enfermedades es revelada a través de síntomas, que son las respuestas del vegetal a la acción de un agente dañino, tales como cambios del color del follaje, resinación, marchitez, formación de tumores y presencia de organismos (larvas de insectos comiendo hojas, fructificaciones o partes de un hongo, hojas comidas, galerías en madera y corteza, aserrín en la base del tronco o perforaciones en el fuste). Los insectos asociados a la vegetación se clasifican en aquellos que vuelan, se posan y se van; aquellos que se establecen y que se transforman en plaga; y aquellos que viven de estas plagas y que son sus enemigos naturales (CATIE 2002).

Para que se desarrolle una enfermedad en las plantas se requieren tres condiciones:

- la planta hospedera susceptible.
- patógeno (hongos, bacterias, virus, entre otros).
- condiciones ambientales adecuadas para el crecimiento del patógeno (humedad y temperatura); si alguna de las tres condiciones indicadas no se cumple o está ausente, la enfermedad no se presenta (Araya 2004).

### **1.13. PLANTAS PARÁSITAS QUE SE HOSPEDAN EN LAS PLANTAS.**

#### **1.13.1. Plantas parásitas.**

Son organismos que dependen completa o parcialmente de otros organismos para subsistir, ya que obtienen agua y/sales inorgánicas de sus hospederos (organismos que parasitan). Dentro de este grupo de plantas, se encuentran los muérdagos (liga-liga) y otros parásitos de ramas de árboles y arbustos pertenecientes a varias familias botánicas (Tun, 2007).

### **1.13.2. Plantas epífitas.**

Las plantas epífitas crecen encima de otras plantas (especialmente árboles) obteniendo los nutrientes y el agua de la materia orgánica que se acumula en las ramas. Las epífitas no tienen una relación fisiológica con los árboles ya que sus raíces le sirven únicamente para sujetarse a las ramas y los troncos de los árboles.

La copa de los árboles es un hábitat no muy amigable ya que está expuesto a variaciones importantes de humedad y temperatura debido a su exposición directa a la luz del sol y del viento. Debido a ello las epífitas han desarrollado características morfológicas y sistemas fisiológicos que les permiten evitar y reducir la pérdida de agua (cutículas gruesas) y obtener nutrientes del aire y capturar los que son liberados por los árboles (hojarascas).

Las epífitas mantienen un sin número de interacciones con diversos animales. Por un lado, al capturar materia orgánica y agua en su estructura vegetativa o en sus raíces, permiten la existencia de animales que participan en la liberación de nutrientes. Por otro lado, algunas orquídeas epífitas presentan complicados mecanismos de polinización que las hace ser dependientes específicas del comportamiento de algunas especies de abejas. Finalmente, aunque la dispersión de las semillas de muchas epífitas se debe al viento, algunas requieren que animales vertebrados se alimenten de sus frutos y depositen las semillas en otros árboles o ramas (Cejas et al. 2008).

### **1.14. PRINCIPALES AFECTACIONES QUE RECIBEN LOS ÁRBOLES EN LA CIUDAD.**

Los árboles son individuos que en estado adulto pueden llegar a alcanzar grandes dimensiones, el desarrollo de las partes aéreas (copa, fuste) pueden sufrir una serie de fallas y colapsos; estos al encontrarse en la ciudad y no ser identificados de manera oportuna pueden generar accidentes y causar daño a personas y/o bienes.

En la ciudad, el arbolado está sujeto a daños físico – mecánicos y químicos. Esto debido a podas innecesarias y mal realizadas por la liberación de cables aéreos, la mejora de la “luminosidad” de las calles, impedimento de la visibilidad de carteles, ejecución de obras que involucran el cambio de uso del suelo, obras realizadas por las empresas que prestan servicio de telefonía, luz, agua y desagüe, etc. y a personas que usan al árbol como letrina.

### **1.15. EL ÁRBOL PELIGROSO.**

El árbol peligroso es aquel con un riesgo inminente de falla estructural de una o más de sus partes. O’Brian, citado por Calaza el 2012, lo define como “un árbol en pie vivo o muerto que tiene defectos simples o combinados, en raíces, cuello, tronco u hojas, que lo predisponen a su falla mecánica entera o en partes, y que por su localización tiene una probabilidad de dañar a personas o propiedades”

#### **1.15.1. Consecuencias provocadas por el descuido en el mantenimiento y selección del arbolado urbano.**

Los arboles presentan algunos inconvenientes dentro de las zonas urbanas, pero en comparación con sus beneficios resultan menores, ya que pueden prevenirse o solucionarse mediante una oportuna atención en su mantenimiento y en la selección de las especies mejor adaptadas.

Entre los daños u obstrucciones que observamos con mayor frecuencia se encuentran los siguientes:

- Daño a instalaciones aéreas, telefónicas y eléctricas.
- Daño a vehículos y a las fincas.
- Daño al pavimento, a la red de agua potable y al drenaje.
- Daño a instalaciones subterráneas.
- Daño a otras plantas.
- Obstrucción de señalamientos de tránsito y vialidad.

- Obstrucción de anuncios publicitarios.
- Obstrucción de la visibilidad de automóviles a peatones.
- Aporte de desperdicios y obstrucción de alcantarillas.

#### **1.16. ESTRATEGIA DE ARBORIZACION URBANA.**

Una estrategia de arborización urbana se basa, en primer lugar, en una visión hacia el futuro y define el marco técnico, legislativo, financiero y social dentro del cual se desarrollarán acciones concretas. Así mismo, una estrategia aporta argumentos para la gestión y sitúa en muchos casos a la ciudad en un contexto más amplio (territorial y político), además de ser extrapolable a otros lugares.

Actualmente muchas ciudades están buscando estrategias para desarrollar su entorno de una manera más sostenible, lo cual equivale, en su sentido más amplio, a duradero en el tiempo y con recursos propios para evolucionar la definición de una estrategia no es una tarea sencilla, hace falta gente con conocimiento y con capacidad para entender estructuras complejas. Dado que una estrategia está pensada a largo plazo, la interlocución con el ciudadano y la influencia de su opinión en la fase de decisión son fundamentales. Para detectar las necesidades y las oportunidades de un territorio hace falta intercambiar opiniones, proponer y revisar, escuchar y aprender, y eso es algo que requiere tiempo. Ese proceso en sí mismo ya puede ser la primera estrategia hacia una ciudad más sostenible, por lo menos en los aspectos sociales, ya que una sociedad participativa es una sociedad dispuesta a aprender.

#### **1.17. EVALUACIÓN DE EFECTO DE RIESGO.**

La seguridad del arbolado depende de factores biológicos, de las condiciones ambientales locales (exposición al viento) y de la capacidad de resistencia mecánica. Sólo la aplicación combinada de estos factores aporta resultados que permiten una evaluación holística de la capacidad de carga mecánica del árbol y de su seguridad.

#### **1.18. RIESGO DE ACCIDENTE.**

Se elaboran valoraciones de riesgo y se recomiendan medidas de actuación específicas. Estas valoraciones técnicas pueden servir como declaraciones vinculantes para el propietario o gestor responsable del arbolado, y pueden apoyar la decisión de mantener, eliminar el ejemplar o establecer una protección adecuada. En la selección de las posibles actuaciones de conservación se valora tanto su viabilidad práctica como económica, así como la sostenibilidad de las intervenciones planificadas.

Al finalizar la evaluación los resultados permiten:

- Conocer el estado fisiológico, fitopatológico y mecánico.
- La creación de registros e informatización de datos.
- Clasificar el nivel de riesgo en clases según su grado de propensión a la fractura.
- Concretar propuestas de actuación que reduzcan o mitiguen el riesgo.
- Fijar una prioridad de actuación o un periodo límite para realizar las actuaciones.
- Establecer un periodo de control o un régimen de inspecciones.

#### **1.19. DIANA.**

La diana recoge de manera sistemática que hay debajo del árbol y que puede quedar afectado por la caída del árbol o de alguna de sus partes.

## **CAPÍTULO II**

### **MATERIALES Y MÉTODOS**

#### **2.1. DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA ZONA DE ESTUDIO.**

##### **2.1.1. Localización.**

El área de estudio está centrado entre dos distritos el distrito 2 perteneciente al barrio San Roque y el distrito 3 perteneciente al barrio Las Panosas, el área seleccionada esta colindante entre la calle Ballivian y O'Connor, donde se encuentra lugares como la plaza principal, plazuela Sucre, palacio de justicia y la plaza San Roque.

##### **Mapa N° 1.**

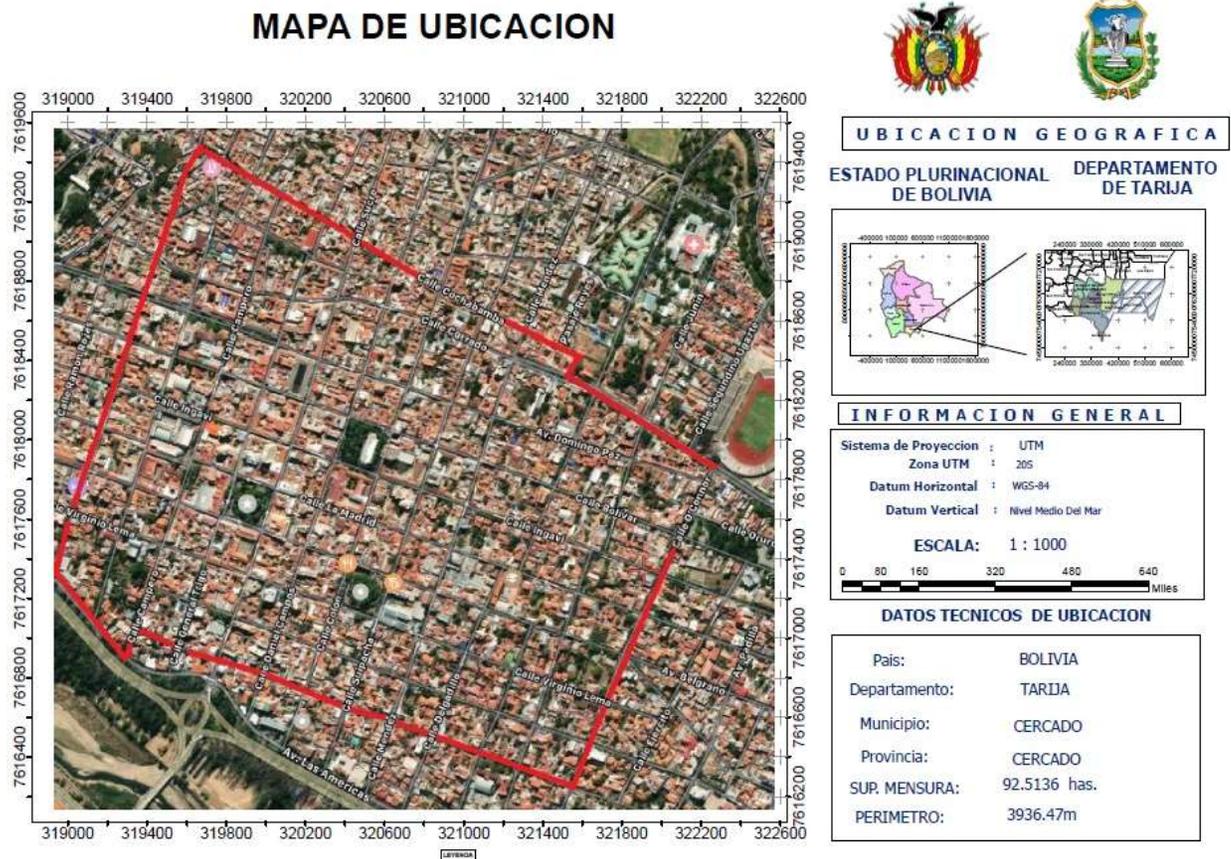
## Ubicación del área de estudio del casco viejo de la ciudad de Tarija

(Fuente: elaboración propia)

### 2.1.2. Características climáticas.

Su clima es templado, con una temperatura promedio de 18°C, aunque cada estación es muy marcada. Durante los inviernos (especialmente durante el mes de julio) la temperatura suele descender por debajo de los 0° C, llegando a disminuciones térmicas inusuales para la latitud y altitud.

El verano se caracteriza principalmente por vientos dominantes del sud-sudeste, una temperatura y humedad relativa alta y masas de aire inestables, produciéndose precipitaciones aisladas de alta intensidad y corta duración. Por otro lado, el invierno



se caracteriza por temperaturas y humedad relativa generalmente bajas y la ausencia

de precipitaciones. El invierno también está asociado a la llegada de frentes fríos provenientes del sur (Patagonia, Argentina). (ZONOSIG, 2001)

### **2.1.3. Temperatura.**

La temperatura media oscila alrededor de 18°C, con máximas extremas que sobrepasan 30°C en verano y las mínimas hasta -9.6°C en invierno. La localidad de Cercado se caracteriza por tener un clima templado. (INE 2017).

### **2.1.4. Precipitación.**

La precipitación media anual es de 605.2 mm, el 85% de la precipitación está concentrada en los meses de noviembre a marzo, existiendo un 90% de probabilidad que las precipitaciones no sean mayores a los 630 mm y un 50% de que no sean mayores a 550 mm. (Wikipedia, Tarija, 2020).

### **2.1.5. Velocidad y dirección de los vientos.**

Los vientos dominantes son del S.E., presentándose desde diciembre a junio, el 90% del tiempo en todos los meses. La velocidad de estos vientos alcanza los picos más marcados entre diciembre y enero.

Los vientos del E.S.E. son los de segunda importancia con el 10% del tiempo de casi todos los meses; su presencia también se manifiesta entre diciembre y junio.

### **2.1.6. Evaporación.**

La evaporación media diaria es de 4.41 mm. Bajando este promedio los meses de invierno y elevándose en los meses de verano. La evapotranspiración calculada por el método del tanque evaporímetro tipo “A” basándose en los datos de evaporación alcanza los 1.287 mm/año. (SENAMHI, 2017).

## **2.2. CARACTERÍSTICAS GEOLÓGICAS Y GEOMORFOLÓGICAS**

### **2.2.1. Geología.**

La zona central de Tarija presenta tres tipos tectónicos de plegamientos bien definidos que corresponden a las provincias fisiográficas de la Cordillera Oriental, el Subandino y la Llanura Chaco-Beniana.

El plegamiento y fallamiento en las formaciones geológicas es más acentuada en la Cordillera Oriental y menos complejo en el Subandino. La Llanura Chaco-Beniana, aunque de aparente simplicidad tectónica, al igual que las anteriores formaciones, fue influenciada por eventos de carácter estructural en su formación y definición actual.

Estratigráficamente el departamento de Tarija presenta una de las secuencias geológicas más completas del país, desde el Precámbrico al Cuaternario. (ZONISIG, 2001).

### **2.2.2. Geomorfología.**

La zona central de Tarija presenta características geomórficas complejas como resultado de los movimientos tectónicos y procesos morfológicos a los que estuvo sometido en épocas pasadas, los mismos que son responsables del desarrollo y evolución del paisaje actual, diferenciando las tres provincias fisiográficas: la Cordillera Oriental, el Subandino y la Llanura Chaco-Beniana. (ZONISIG, 2001).

## **2.3. CARACTERÍSTICAS DE LA VEGETACIÓN.**

Uno de los principales atractivos turísticos de la zona central de Tarija es la variedad de flora que se puede apreciar en las principales calles, avenidas del área urbana en el cual se puede destacar una gran variedad de plantas y árboles.

Según Carlos Burvega jefe de ornato entre las especies con mayor número de plantas se puede destacar el Tarco, con 360 ejemplares a lo largo de la avenida, seguido del Lapacho con 230 árboles, mientras que la tercera planta más común es la Grevilla con 158 muestras.

## **2.4. MATERIALES.**

### **Materiales de campo y registro**

- Planillas
- GPS
- Tablero
- Cinta métrica
- Flexómetro
- Cámara fotográfica

### **Materiales de escritorio**

- Hojas de papel
- Mapa de base
- Computadora
- Impresora
- Información bibliográfica

## **2.5. METODOLOGÍA.**

### **2.5.1 Descripción de la metodología del inventario forestal.**

Se aplicó un inventario sistemático, de manera que, las unidades de muestreo son parcelas rectangulares y cuadradas (cuadras) que están distribuidas en una retícula sobre la imagen y localizadas mediante GPS. En cada parcela se procedió primeramente a levantar datos dasométricos y segundo a hacer una evaluación visual del arbolado urbano del casco viejo de la ciudad de Tarija.



**Coordenada acumulada:** se hizo el levantamiento de las coordenadas X y Y mediante el uso del GPS.

**Azimuth:** mediante el azimuth se hizo el levantamiento de los ángulos para cada calle mediante el uso de la brújula

**Amarre:** el amarre se lo realizo utilizando las distancias en cada esquina de las parcelas permitiendo unir cada punto y así cerrar toda la parcela.

**Distancia:** se midió la distancia en metros mediante el uso de una wincha, calculando la distancia de árbol a árbol.

**Especie:** cada muestra está identificada por su nombre.

### Cuadro N° 1.

#### Planilla de levantamiento geo referencial

(Fuente: elaboración propia)

PLANILLA DE LEVANTAMIENTO							
N° Parcela	Muestra	Coord. Acumulada a x	Coord. Acumulada y	AZIMUT base 360°	Amarre	Distancia (m)	Especie

#### 2.5.2. Descripción de la evaluación visual del arbolado.

Este método está basado en los principios de la biomecánica y en el principio de que los árboles consumen energía para alcanzar una distribución homogénea de las cargas mecánicas; el denominado axioma de la carga uniforme o axioma del estrés (tensión) constante, lo cual significa que la estructura biológica se desarrolla de tal forma que asegura una distribución regular de la carga en su superficie en tiempos medios (Calaza, 2016).

La metodología está constituida por tres etapas, estas son:

- Inspección visual para identificar síntomas de defectos y la vitalidad del árbol.
- La confirmación de los defectos y la vitalidad del árbol mediante el llenado de la ficha de evaluación.
- Si se confirma el defecto y es motivo de preocupación se procede a categorizar el riesgo que presenta.

Para la evaluación de los datos obtenidos se utilizó una ficha de evaluación de riesgo de arbolado.

### **2.5.3. Levantamiento de datos.**

La toma de datos se realizó recorriendo calle por calle evaluando cada árbol apoyado de un mapa diseñado y una planilla para el censo de los árboles, la información referido al manzano o acera, calle, nombre del árbol, etc.

#### **Parámetros utilizados en el proceso de la recolección de información**

- **Datos de los árboles.**

En el levantamiento de datos de los árboles se utilizó planillas de campo para determinar la altura, circunferencia del árbol, calidad de fuste, edad relativa, diana y ratio de ocupación. (Ver. Anexo Planilla 2)

**Altura total:** se toma la altura aproximada del árbol, expresada en metros

**Circunferencia del tronco:** se mide la circunferencia del tronco con el uso de la wincha.

**Altura de la primera rama:** se midió la altura desde la base hasta la primera rama del árbol.

**Calidad de fuste:** la calidad de fuste fue clasificado visualmente mediante el siguiente cuadro

**Cuadro N° 2.**  
**Clasificación de la calidad de fuste**

<b>Calidad de fuste</b>	
<b>1</b>	Fuste recto sin defectos
<b>2</b>	Fuste recto con algunos defectos en los bordes
<b>3</b>	Fuste de eje sinuoso
<b>4</b>	Fuste de eje totalmente sinuoso.

**Edad relativa:** edad estimada del árbol, se tomó el siguiente parámetro para la clasificación de la edad relativa.

**Cuadro N° 3.**  
**Clasificación de la edad relativa**

<b>Edad relativa</b>
<b>Joven</b>
<b>Adulto</b>
<b>Maduro</b>
<b>Viejo</b>

**Zona de la Diana:** se verifico la situación de cada diana, se estableció mediante el siguiente cuadro.

**Cuadro N° 4.**  
**Clasificación zona diana**

<b>Zona de diana</b>	
<b>1</b>	Debajo de copa
<b>2</b>	Alcance a la altura del árbol
<b>3</b>	Alcance a 1.5 metros de la altura del árbol

**Ratio de ocupación:** se clasifico mediante evaluación visual de la zona y de la diana utilizando la siguiente tabla.

**Cuadro N° 5.**  
**Clasificación ratio de ocupación**

<b>Ratio de ocupación</b>	
<b>1</b>	Raro
<b>2</b>	Ocasional
<b>3</b>	Frecuente
<b>4</b>	constante

- **Estado del árbol y características de la especie.**

Para determinar el estado del árbol y sus características de la especie se tomó en cuenta: Copas y ramas, Tronco, Raíces y cuello.

**Copas y ramas:** se tomó en cuenta la existencia y estado del follaje en las copas y ramas, el diámetro de la copa de árboles expresado en metros que se lo midió con una wincha, la presencia de podas en los árboles.

**Tronco:** se tomó en cuenta la inclinación del tronco, la existencia de textura o color anormal como pudrición, hongos, exudación y cortes en el tronco.

**Raíces y cuello:** se tomó en cuenta la presencia de raíces muertas, pudrición, hongos, exudaciones, cortes o elevación de las raíces provocando debilidad del suelo y haciendo que la acera se levante.

- **Categorización del riesgo.**

Se utilizó la matriz de riesgo ISA, la cual mediante las características que presenta los árboles en sus copas, tronco y raíces se podrá clasificar el nivel de riesgo existente.

**Cuadro N° 6.**  
**Matriz de riesgo**  
**(ISA Formulario de Evaluación Básica de Riesgo de Arbolado)**

<b>Probabilidad de fallo e impacto</b>	<b>Consecuencias del fallo</b>			
	<b>Insignificante</b>	<b>Menor</b>	<b>Significativa</b>	<b>Severa</b>
<b>Muy probable</b>	Bajo	Moderado	Alto	Extremo
<b>Probable</b>	Bajo	Moderado	Alto	Alto
<b>Algo probable</b>	Bajo	Bajo	Moderado	Moderado
<b>Improbable</b>	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo

(Fuente: asociación española de parques y jardines públicos)

### CAPÍTULO III

#### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

##### 3.1. NÚMERO TOTAL DE INDIVIDUOS EVALUADOS POR ESPECIE.

El número de árboles evaluados asciende a 387, habiendo 21 especies diferentes en toda el área, predominando más la especie de níspero y naranjo con 48 árboles.

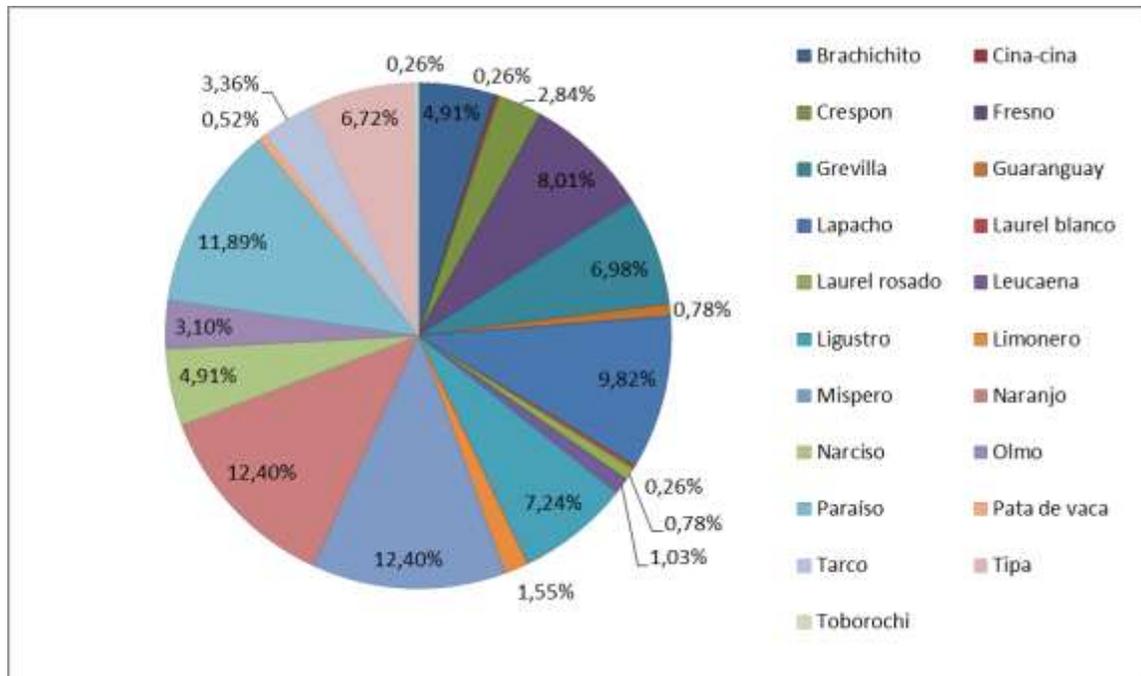
##### Cuadro N° 7.

##### Número total de árboles registrados por especie.

N°	Nombre vulgar	Nombre científico	Número total de Árboles
1	Níspero	<i>Mespilus germanica</i>	48
2	Naranjo	<i>Citrus X sinensis</i>	48
3	Paraíso	<i>Melia azederach</i>	46
4	Lapacho	<i>Tabebwia serratifolia</i>	38
5	Fresno	<i>Fraxinus americana</i>	31
6	Ligustro	<i>Ligustrum lucidum</i>	28
7	Grevilla	<i>Grevillea robusta</i>	27
8	Tipa	<i>Tipuana tipu</i>	26
9	Brachichito	<i>Brachychiton populneum</i>	19
10	Narciso	<i>Thevetia peruviana</i>	19
11	Tarco	<i>Jacaranda mimosifolia</i>	13
12	Olmo	<i>Ulmus pumila</i>	12
13	Ligustro	<i>Lagerstroemia indica</i>	11
14	Limonero	<i>Citrus limon</i>	6
15	Leucaena	<i>Leucaena leucocephala</i>	4
16	Laurel rosado	<i>Nerium oleander</i>	3
17	Guaranguay	<i>Tecoma stand</i>	3
18	Pata de vaca	<i>Bauhinia forficata</i>	2
19	Cina-cina	<i>Parkinsonia aculeata</i>	1
20	Laurel blanco	<i>Nerium oleander</i>	1
21	Toborocho	<i>Ceiba speciosa</i>	1
Σ	<b>Total</b>		<b>387</b>

(Fuente: elaboración propia)

**Figura N° 1.**  
**Porcentaje de especies arbóreas**



(Fuente: Elaboración propia)

Las especies más utilizadas por el ornato público y la que predomina más en el área evaluada es el naranjo y nispero ya que estas presentan mayor resistencia y rápido crecimiento.

Realizando el inventariado de los árboles se pudo verificar que las especies con menor cantidad de individuos son el toborochi y cina-cina ya que dichas especies necesitan mayor atención durante su crecimiento.

### **3.2. DATOS DASOMÉTRICOS.**

Se tomó en cuenta la altura del árbol, circunferencia del tronco y la altura a la primera rama del árbol sacando consigo el promedio de cada uno.

**Cuadro N° 8.**  
**Levantamiento de datos dasométricos**

<b>Datos</b>	<b>Promedio</b>
<b>Altura del árbol</b>	9.7532 m.
<b>Circunferencia del tronco</b>	90.7178 cm.
<b>Altura a la primera rama del árbol</b>	4.2879 m.

(Fuente: Elaboración propia)

### 3.3. EDAD RELATIVA DE LOS ARBOLES.

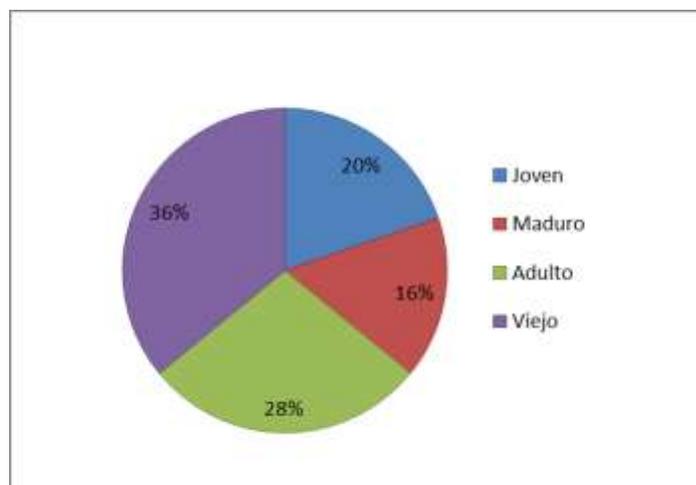
Se levantó un total de 387 especies de diferentes edades. Teniendo como especie joven el 20 % destacando el brachichito y níspero especies que no presentan copas grandes, maduro el 16% destacando el lapacho especie mayormente usada por su estética, adulto 28 % destacando el fresno y la tipa, viejo 36 % destacando el paraíso y naranjo especies de rápido y crecimiento y durabilidad, pero también dañinas para la ciudad el paraíso presenta levantamiento de raíces y gran crecimiento en sus copas ocasionando muchos problemas.

**Cuadro N° 9.**  
**Número de especies por edades**

<b>Estado</b>	<b>N° de individuos</b>	<b>Porcentaje</b>	<b>Especies</b>
<b>Joven</b>	77	20 %	Brachichito
			Níspero
<b>Maduro</b>	63	16 %	Lapacho amarillo
			Brachichito
<b>Adulto</b>	110	28 %	Fresno americano
			Tipa
<b>Viejo</b>	140	36 %	Paraíso
			Naranjo
<b>Total</b>	<b>387</b>	<b>100 %</b>	

(Fuente: elaboración propia)

**Figura N° 2.**  
**Porcentaje total de edad relativa de árboles.**



(Fuente: elaboración propia)

### **3.4. ESTADO DEL FOLLAJE DE LOS ÁRBOLES.**

Se evaluó el estado de follaje de las copas y ramas de los árboles visualmente tomando en cuenta el estado de las hojas teniendo los siguientes resultados:

**Cuadro N° 10**  
**Número de árboles según el follaje.**

<b>Normal</b>	<b>Clorótico</b>	<b>Necrótico</b>	<b>Plaga</b>	<b>Daños abióticos</b>
358	8	9	12	0

(Fuente: elaboración propia)

El mayor número de árboles se encuentran en estado normal, siendo esto beneficioso ya que presenta menor riesgo tanto para el árbol como la ciudad, mientras que los árboles encontrados con follaje clorótico, necrótico y plaga necesitarían una evaluación más a fondo.

### 3.5. ESTADO DE LAS COPAS DE LOS ÁRBOLES.

Se evaluó el estado de copas de los árboles de las especies encontradas en el área de estudio.

**Cuadro N° 11.**  
**Estado de las copas**

<b>Estado de las copas de los árboles</b>	<b>N° de individuos</b>	<b>Porcentaje</b>
<b>Copa descompensada</b>	91	24 %
<b>Copa sana</b>	296	76 %

(Fuente: elaboración propia)

Se observó que el 23.51 % del total de los arboles estudiados presenta copas descompensadas debido a que algunas especies presentan menor crecimiento en sus copas ya sea por la edad o también atribuye a la poda exagerada que se realiza. Y el 76 % del arbolado presenta copa sana esto se atribuye a la edad de los árboles y también al manejo que se le hace.

### 3.6. ESTADO Y CARACTERÍSTICAS DEL TRONCO DE LOS ÁRBOLES EVALUADOS.

Tomando en cuenta las características del tronco se realizó el levantamiento visualmente de los datos en las respectivas planillas obteniendo los siguientes resultados:

**Cuadro N° 12.**  
**Porcentaje de las características del tronco**

<b>TRONCO</b>	<b>N° de arboles</b>	<b>Porcentaje</b>	<b>N° de árboles no afectados</b>	<b>Porcentaje</b>
<b>Inclinación y dirección</b>	134	34.62 %	253	65.37 %
<b>Textura/color anormal en corteza</b>	117	30.23 %	270	69.76 %
<b>Corteza muerta/caída</b>	164	42.37 %	223	57.62 %
<b>Cortes</b>	245	63.30 %	142	36.69 %
<b>Pudrición de la corteza</b>	46	11.88 %	341	88.11 %
<b>Exudación</b>	31	8.01 %	356	91.98 %
<b>Hongos</b>	94	24.28 %	293	75.71 %
<b>Promedio</b>	<b>119</b>	<b>30.67 %</b>	<b>268</b>	<b>69.32 %</b>

(Fuente: elaboración propia)

Se tuvo como resultado que el 30.67 % de árboles presentan alguna irregularidad en el tronco ya sea ocasionado por su mal crecimiento o por la intervención del hombre mientras que el 69.32 % de los arboles no presentan irregularidades en el tronco ya sea por su buen crecimiento sin ninguna interrupción como por su buen manejo por parte de ornato.

### **3.7. ESTADO Y CARACTERÍSTICAS DE LAS RAÍCES DE LOS ÁRBOLES EVALUADOS.**

Mediante la evaluación visual del estado de las raíces de los árboles se obtuvieron los siguientes resultados:

**Cuadro N° 13.**  
**Porcentaje de las características de las raíces**

<b>RAICES</b>	<b>N° de árboles</b>	<b>Porcentaje</b>	<b>N° de árboles no afectados</b>	<b>Porcentaje</b>
<b>Cuello enterrado</b>	80	20.67 %	307	79.32 %
<b>Raíces muertas</b>	28	7.23 %	359	92.76 %
<b>Pudrición</b>	24	6.20 %	363	93.79 %
<b>Hongos</b>	36	9.30 %	351	90.69 %
<b>Exudaciones</b>	24	6.20 %	363	93.79 %
<b>Cortes</b>	140	36.17 %	247	63.82 %
<b>Elevación de la raíz</b>	203	52.45 %	184	47.54 %
<b>Promedio</b>	<b>76</b>	<b>19.74 %</b>	<b>311</b>	<b>80.24 %</b>

(Fuente: elaboración propia)

Se obtuvo que el 19.74 % de las raíces presenta alguna irregularidad la más sobresaliente y perjudicial es la elevación de las raíces porque afecta a las aceras esto mayormente viene provocado por la mala elección y falta de conocimiento de las especies empleadas mientras que el 80.24 % de árboles no presenta alguna irregularidad atribuyéndose a la incrementación de otras especies.

### **3.8. RATIO DE OCUPACIÓN**

En la ratio de ocupación se apreció que la mayoría de los arboles está presente en la mayoría de áreas transitables.

**Cuadro N° 14.**  
**Porcentaje de ratio de ocupación**

<b>Ratio de ocupación</b>	<b>N° de arboles</b>	<b>Porcentaje</b>
<b>Frecuente</b>	188	48.57 %
<b>Constante</b>	119	30.74 %
<b>Ocasional</b>	74	19.12 %
<b>Raro</b>	6	1.55 %

(Fuente: elaboración propia)

Siendo el área estudiada el casco viejo de la ciudad de Tarija la mayoría de especies se encuentran en lugares frecuentes o constantes ya sea por peatones, vehículos y tiendas ocasionando un gran riesgo si las especies arbóreas presentan alguna irregularidad o anomalía.

### 3.9. VALORACIÓN DE LAS DIANAS

Se levantó datos de un total de 387 árboles en todas las parcelas de los cuales 277 árboles (71.57 %) presentaron un problema con dianas y 110 árboles (28.42 %) no presenta problemas con dianas.

**Cuadro N° 15.**  
**Porcentaje de valoración de las dianas**

<b>Zona Diana</b>	<b>N° de individuos</b>	<b>Porcentaje</b>
<b>Debajo de la copa</b>	189	49 %
<b>Alcance altura del árbol</b>	80	21 %
<b>Alcance 1.5 altura del árbol</b>	8	2 %
<b>Total</b>	<b>277</b>	<b>72 %</b>

(Fuente: elaboración propia)

De acuerdo al cuadro se observa que el 49% de los individuos presenta dianas debajo de la copa sin embargo al presentar una altura promedio de 9 a 10 metros aumenta más el número de dianas como así también el riesgo afectando al cableado, transeúntes, vehículos.

### 3.10. ÍNDICE DE RIESGO.

Utilizando la matriz de riesgo del arbolado urbano ISA y tomando en cuenta los datos visuales obtenidos de los 387 individuos evaluados de los cuales 358 árboles presentan un follaje normal y 296 una copa sana con una altura promedio de 9 a 10 metros se determinó que la copa presenta una probabilidad algo probable y consecuencia de fallo significativa teniendo como categorización de riesgo moderado.

**Cuadro N° 16.**  
**Matriz de riesgo de la copa de los árboles**

<b>Probabilidad de fallo e impacto</b>	<b>Consecuencias del fallo</b>			
	<b>Insignificante</b>	<b>Menor</b>	<b>Significativa</b>	<b>Severa</b>
<b>Muy probable</b>	Bajo	Moderado	Alto	Extremo
<b>Probable</b>	Bajo	Moderado	Alto	Alto
<b>Algo probable</b>	Bajo	Bajo	Moderado	Moderado
<b>Improbable</b>	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo

(Fuente: elaboración propia)

Mediante los resultados del estado y características del tronco se obtuvo que del total de 387 individuos evaluados solo 119 árboles presentan irregularidades ocasionadas por su mal crecimiento o por factores antrópicos como ser inclinación, corteza caída o cortes, también se tomó en cuenta el promedio de circunferencia que es de 91 cm. Con esta información se aplicó la matriz de riesgo ISA con la cual se determinó que el tronco presenta una probabilidad de falla e impacto algo probable y consecuencia de fallo significativa, teniendo como categorización de riesgo moderada.

**Cuadro N° 17.**  
**Matriz de riesgo del tronco de los árboles**

<b>Probabilidad de fallo e impacto</b>	<b>Consecuencias del fallo</b>			
	<b>Insignificante</b>	<b>Menor</b>	<b>Significativa</b>	<b>Severa</b>
<b>Muy probable</b>	Bajo	Moderado	Alto	Extremo
<b>Probable</b>	Bajo	Moderado	Alto	Alto
<b>Algo probable</b>	Bajo	Bajo	Moderado	Moderado
<b>Improbable</b>	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo

(Fuente: elaboración propia)

Mediante los datos obtenidos del estado y características de la raíz se tuvo que del total de 387 individuos evaluados solo los promedios de 76 árboles presentan irregularidades siendo la más frecuente el levantamiento de las raíces y cortes, habiendo un total de 311 árboles no afectados por ninguna irregularidad.

En base a estos resultados se aplicó la matriz de riesgo ISA con la cual se determinó que en cuanto a la raíz presenta una probabilidad de falle e impacto improbable con una consecuencia de falla significativa teniendo una categorización de riesgo baja.

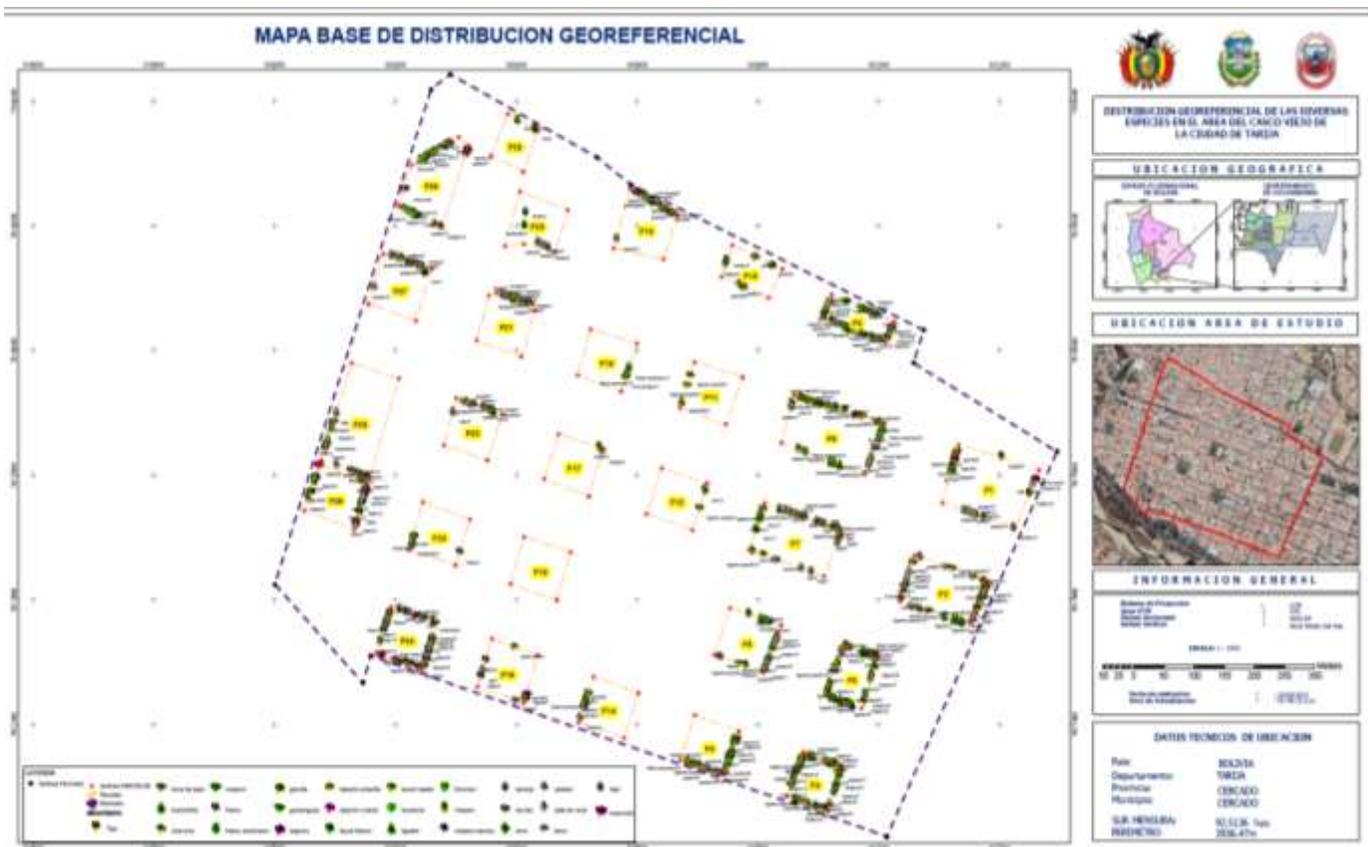
**Cuadro N° 18**  
**Matriz de riesgo de la raíz de los árboles**

<b>Probabilidad de fallo e impacto</b>	<b>Consecuencias del fallo</b>			
	<b>Insignificante</b>	<b>Menor</b>	<b>Significativa</b>	<b>Severa</b>
<b>Muy probable</b>	Bajo	Moderado	Alto	Extremo
<b>Probable</b>	Bajo	Moderado	Alto	Alto
<b>Algo probable</b>	Bajo	Bajo	Moderado	Moderado
<b>Improbable</b>	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo

## CAPÍTULO IV CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 4.1. INVENTARIO GEOREFERENCIAL DEL ÁREA EVALUADA.

El inventario georreferenciado se realizó mediante el uso de SIG, donde se hizo un levantamiento de la posición de los árboles mediante coordenadas acumuladas observando un total de 387 árboles con 21 especies diferentes en toda el área de estudio del casco viejo de la ciudad de Tarija.



#### **4.2. NIVEL DE RIESGO DEL ARBOLADO.**

Mediante la utilización de la matriz de riesgo ISA se obtuvo que el nivel riesgo del arbolado del casco viejo en las copas es moderado, en el tronco presenta un nivel de riesgo moderado y en las raíces presenta un nivel de riesgo bajo.

#### **4.3. IDENTIFICACIÓN DE ESPECIES.**

Se levantó un total de 387 árboles en todas las parcelas, con 21 especies diferentes donde la más predominante fueron el naranjo, níspero y paraíso. Se evidencio que la especie que presenta mayor riesgo en el arbolado urbano son las especies del paraíso y la grevilla por su gran crecimiento y por su elevación de raíz que afecta las aceras.

#### **4.4. PRINCIPALES PROBLEMAS DEL ARBOLADO URBANO.**

##### **Altura de los árboles.**

Según los datos obtenidos y la observación la altura promedio de los árboles del casco viejo de la ciudad de Tarija es de 9 a 10 metros lo cual dicha altura afecta bastante al chocar con el cableado eléctrico ocasionando algunos cortes eléctricos también presenta mayor densidad en las ramas es propenso a caerse o a ocasionar algún otro daño.

##### **Inclinación del arbolado.**

La inclinación del arbolado es riesgosa tomando en cuenta que el porcentaje de inclinación es de 34.62 %, y más si este presenta pudrición, la posibilidad a caer es más fuerte. Los problemas ocasionados por este varían desde afectación al peatón, vehículos, postes, etc.

##### **Elevación de la raíz.**

El levantamiento de la raíz en las aceras es muy frecuente en la ciudad, ocasionando un gran problema al peatón como así también al transporte y ocasionando un mal aspecto estético a las aceras.

#### **4.5. RECOMENDACIONES.**

- a)** Es importante tener bien definido el lugar donde se ha de aplicar la arborización urbana esto con el propósito de evitar los continuos problemas de corte de energía eléctrica por el contacto de las ramas de los árboles con el cableado eléctrico en la vía pública y la afectación a las viviendas.
- b)** En las aceras de viviendas se deben utilizar especies con raíces pivotante y de moderada altura, para evitar el levantamiento de las aceras y para evitar el contacto con al tendido eléctrico.
- c)** Se recomienda el debido mantenimiento de los árboles en permanente contacto con el cableado eléctrico, ya que hay árboles que no fueron podados hasta el día hoy.
- d)** Otra de las recomendaciones es que exista un mayor control de especial en especial a arboles más viejos que presenta un riesgo al transeúnte que diariamente transita.