

Caracterización de la biodiversidad urbana en la cuenca central de Cochabamba, Bolivia

Characterization of the urban biodiversity found in the central basin of Cochabamba, Bolivia

Karen L. Córdova Stroobandt

Casilla de Correo 830, Cochabamba Bolivia

e-mail: stroobandtkaren@gmail.com

Resumen: El papel de los espacios verdes es básico para mantener el paisaje natural dentro del tejido urbano que ya representa un paisaje artificial y construido. Bajo una perspectiva de “paisaje urbano sostenible”, las áreas verdes deben ser de carácter multifuncional. Según el concepto de ordenamiento territorial actual en Bolivia y especialmente en Cochabamba, las áreas verdes se han convertido en canchas deportivas, eliminando su función como reductoras de la contaminación atmosférica, moderadoras de la temperatura urbana y refugios para la biodiversidad urbana. El presente trabajo caracteriza la biodiversidad urbana de la cuenca central de Cochabamba con base en el uso de especies nativas arbóreas y arbustivas, creando así una línea base para una forestación urbana sostenible en esta ciudad. Se realizó una zonificación en la cuenca central de esta ciudad en 4 zonas geodáficas: piedemonte alto (A), piedemonte bajo (B), planicie lacustre alta (C) y planicie lacustre baja (D). Se identificaron 11 especies arbóreas y 11 arbustivas utilizables en la forestación de áreas verdes cochabambinas pertenecientes a cada serie de vegetación potencial por zona geodáfica. Se caracterizó la flora de 10 parques urbanos (Bicentenario, Fidel Anze, Lincoln, Demetrio Canelas, Ex Combatientes, Del Niño, Prado, De La Torre, Mariscal Santa Cruz y Cementerio) encontrando un 65% de flora de otros continentes, 16% Sudamericana, 10% nativa de Bolivia y 9% de la cuenca cochabambina. Finalmente, se caracterizó la ornitofauna presente en base a gremios de alimentación, encontrándose una abundancia relativa mayor de omnívoros y una menor de nectarívoros.

Palabras clave: Áreas verdes, biodiversidad urbana, Cochabamba, flora nativa, forestación urbana, gremio de alimentación, ornitofauna

Abstract: The role of green areas is essential in maintaining a natural landscape inside the urban spectrum since it represents an artificial and constructed landscape. Under the perspective of a “sustainable urban landscape”, green areas must be multifunctional. According to the land use planning concept in Bolivia’s and especially in Cochabamba, green areas have become sports fields,

eliminating their function as atmospheric pollution reducers, urban temperature regulators and refuge for urban biodiversity. This study characterizes and proposes a way to improve the urban biodiversity in the central basin of Cochabamba by using arboreal and shrub native species, thus creating a baseline for a sustainable urban forestry in this city. The central basin of Cochabamba was divided into 4 geodaphic zones: high piedmont (A), low piedmont (B), high lacustrian plain (C) and low lacustrian plain (D). According to each potential vegetation series in each geodaphic zone, 11 arboreal and 11 shrub usable species were identified for green area forestation purposes. The flora belonging to 10 urban parks was characterized (Bicentenario, Fidel Anze, Lincoln, Demetrio Canelas, Ex Combatientes, Del Niño, Prado, De La Torre, Mariscal Santa Cruz y Cementerio) finding 65% of exotics from other continents, 16% from South America, 10% native to Bolivia and 9% native to the central basin of Cochabamba. Finally, bird presence was characterized in terms of feeding guilds, obtaining a larger relative abundance of omnivores and a smaller one for nectarivores.

Key words: Bird population, Cochabamba, feeding guild, green areas, native flora, urban biodiversity, urban forestation

1 Introducción

El uso del espacio habitable se ha convertido en un desafío en este tiempo. En la actualidad, mitad de la humanidad vive en zonas urbanas. Los niveles de urbanización global aumentarán drásticamente durante los próximos 40 años, alcanzando el 70% de la población en el año 2050. Por tanto, las ciudades constituyen, y conformarán aún más en el futuro, los nodos centrales de asentamiento de la población en el planeta [11].

Dentro del proceso de crecimiento urbano no se puede negar la modificación profunda del medio natural, provocando la sustitución y alteración de los ecosistemas naturales por el ecosistema artificial de la ciudad. Consecuentemente, la ciudad es habitualmente percibida por nuestra sociedad como la negación de la naturaleza. Es así que para construir una mejor calidad de vida en las ciudades, se debe entender que éstas tienen un microclima artificial más cálido determinado fundamentalmente por la geometría urbana, las propiedades térmicas de los materiales de construcción, el calor emitido por la actividad humana, la distribución y abundancia de la vegetación [36].

Una ciudad es como una “isla de calor” por la energía que consume. Es decir, una hectárea de centro metropolitano representa mil veces más energía que un área equivalente de tipo rural [27]. Además, los materiales usados en su construcción (asfalto, cemento, etc.) absorben un 10% más de energía solar que un suelo provisto de vegetación [25]. Es por eso que la ciudad necesita elementos que equilibren su medio ambiente artificial.

El papel desarrollado por los espacios verdes es básico para permitir la penetración o persistencia de lo natural en el tejido urbano, o sea, del paisaje de la naturaleza en el paisaje artificial de la urbe [36]. Bajo una perspectiva de “paisaje urbano sostenible” [1], las áreas verdes deben ser de un carácter multifuncional, basado en la compatibilización de funciones productivas, sociales y ambientales. Para que esto se logre, se debe minimizar el consumo de recursos destinados a su mantenimiento, conservar un nivel adecuado de diversidad biológica y crear ambientes con identidad propia, acordes con el entorno cultural y biológico [20][36].

Según Naciones Unidas [29], en el año 2000, América Latina llegó a ser la región más urbanizada del mundo en desarrollo. Lamentablemente, este crecimiento se presentó con varios problemas tales como la provisión inadecuada e ineficiente de servicios urbanos, inseguridad ciudadana y además falta de sostenibilidad ambiental del medio urbano [5]. Aunque Bolivia se encuentra en una transición urbana moderada [12], en ciudades como La Paz y El Alto, el crecimiento urbano a expensas de las áreas naturales es desordenado y poco planificado, prestando muy poca atención a las áreas verdes [20].

Es así que este estudio se encuadra a nivel geográfico en la cuenca central urbana de la Provincia Cercado del Departamento de Cochabamba. La zonificación de la cuenca central urbana realizada en este trabajo permite estudiar parques urbanos distribuidos de manera heterogénea en la ciudad. La ornitofauna actúa como bioindicador de la calidad ambiental urbana al relacionarse directamente con la flora de tipo arbórea y arbustiva actual. Se busca determinar con este estudio cuán directa es la relación entre abundancia y riqueza de flora nativa con la ornitofauna presente.

1.1 Los parques urbanos cochabambinos y su problemática

La ciudad de Cochabamba se va urbanizando de tal manera que se va originando un caos urbano a raíz de sus políticas sobre ordenamiento territorial respecto a la creación, ubicación y manejo de áreas verdes. A modo de impulsar la recreación sana en los barrios, las áreas verdes son convertidas en canchas deportivas. Si bien se debe fomentar el deporte, este ambiente comúnmente cementado no es tan efectivo anímicamente ni estéticamente como uno donde existe flora que embellezca el paisaje. Por otro lado, el Gobierno Autónomo Municipal de Cochabambino demuestra conocimiento suficiente sobre la vegetación nativa y sus ventajas en la urbe, observándose así, un manejo de áreas verdes no holístico. Es así que existe una falencia en el manejo estético y una falta de interés en el bienestar psicológico-ambiental de su población con su medio ambiente.

Esta ciudad tiene condiciones naturales geomorfológicas y climáticas que ocasionan una baja dispersión de contaminantes y una inversión térmica durante el

invierno. Además, sufre constantemente de una escasa provisión del recurso hídrico, causada por la impermeabilización de zonas importantes afectando una adecuada recarga acuífera. Esto crea daños en la infraestructura y servicios en zonas urbanas, dificultando su manejo a nivel de áreas verdes urbanas [35]. Especialmente cuenta con limitado territorio para la construcción de viviendas, existiendo una alta tendencia a intervenir áreas verdes y agrícolas. El crecimiento urbanizable alcanza 10 hectáreas por año de manera dispersa, provocando bajas densidades de población en algunas áreas y muy altas en otras [41]. Se tiene un déficit de áreas verdes consolidadas, dándose una relación de un metro cuadrado de área verde por habitante, cuando el mínimo ideal sería de diez metros cuadrados de área verde por habitante [33].

La falta de áreas verdes disminuye la fauna natural, especialmente la ornitofauna. La ornitofauna aporta al equilibrio ecológico y es un bioindicador de calidad ambiental urbana [20]. Ésta usa las áreas verdes como refugio o como descanso durante su migración. En Cochabamba no existen inventarios sistematizados de flora urbana potencial o actual. Tampoco existen inventarios sobre indicadores ambientales como las aves urbanas, por lo que no se tiene una línea base sobre su biodiversidad urbana actual. Es así que el objetivo general de este trabajo es caracterizar la biodiversidad urbana de la cuenca central de Cochabamba en base a especies nativas arbóreas y arbustivas. Para lograr este objetivo, primeramente se realizó una zonificación de la cuenca central de Cochabamba con base en factores geoedáficos, posteriormente se identificaron las especies utilizables para forestación urbana de las series de vegetación potencial en esta cuenca por zona y, finalmente, se identificaron la flora y ornitofauna existentes en parques urbanos por zona propuesta.

1.2 Medio ambiente urbano y su gestión

Según Yunen [48], un ambiente urbano es el resultado de procesos de interacción e intercambio entre el componente natural de una ciudad, la sociedad y la infraestructura construida. El componente natural incluye la macrofauna, microfauna, y flora presente en relación con los recursos suelo, agua y aire. La sociedad incluye a los individuos y colectividades junto a sus características, costumbres, manifestaciones culturales y conflictos sociales. La infraestructura construida se refiere a las formas y estructuras presentes en el espacio urbano las cuales resultan de la dinámica social, como ser edificios, viviendas y equipamiento, entre otros. Es así que un medio ambiente urbano debe ser manejado de manera holística, tomando en cuenta estos tres componentes.

Según Velásquez [45], gestión urbana es “el conjunto de procesos dirigidos a operar sobre la ciudad”. Según Rodríguez *et al.* [38], la gestión ambiental urbana es “el conjunto de acciones, actividades, mecanismos e instrumentos dirigidos a la

administración, uso sostenible de los recursos naturales y sociales de las zonas urbanas y de las aledañas interrelacionadas con ellas”. Es así que al gestionar los aspectos ambientales eficazmente en una ciudad, se debería consecuentemente mejorar la calidad de vida de su población, no solo satisfaciéndola a nivel material, sino espiritual.

La meta de una gestión “integrada” ambiental urbana es interconectar lo urbano con lo rural para que la biodiversidad potencial del lugar fluya y se mantenga saludable. Una causa importante que incide en la pérdida de biodiversidad en la ciudad es la fragmentación de los hábitats urbanos, normalmente conformados por espacios-isla separados entre sí. Las barreras más comunes para la fauna urbana son las vías de tráfico y áreas edificadas [11].

Es por eso que las áreas verdes en una ciudad tienen un valor intrínseco para el mejoramiento ambiental al poseer un potencial estratégico en el ordenamiento y crecimiento urbano respecto a la calidad socio-ambiental. Un sistema de áreas verdes adecuado beneficia creando un tejido urbano equilibrado y diverso, policéntrico, fluido entre lo urbano y rural, acercando la naturaleza a este espacio modificado, aumentando la calidad de vida poblacional y elevando sustantivamente la calidad estética del paisaje urbano [40].

1.3 Gestión y manejo de áreas verdes

Las áreas verdes urbanas son microambientes que ofrecen una gran variedad de hábitats así como oportunidades de alimentación, refugio y reproducción para diversos organismos además de servir como medio de conexión con el entorno no urbanizado [26][36]. Según Capitanachi *et al.* [10], las áreas verdes brindan fijación fotosintética de la energía solar, mantienen un flujo genético, protegen el suelo de la erosión, además de absorber y degradar contaminantes en el aire, agua y suelo. Tienen valor histórico, espiritual, educativo, científico, sociocultural, estético y recreacional. Una gestión ambiental integral orientada a la conservación de la biodiversidad busca compatibilidad entre la presencia de flora y fauna, al igual que pretende proveer elementos de salud, seguridad y bienestar para los ciudadanos [36].

Algunas condicionantes que limitan la proliferación de parques y jardines están ligadas en muchas ocasiones al consumo excesivo de agua y energía, a la utilización sistemática de fertilizantes y biocidas, o a la generación incontrolada de residuos vegetales [32]. Estos factores se pueden controlar si se utilizan plantas nativas, o sea, especies propias de la región. Al gestionar un área verde incluyendo plantas nativas, se disminuyen los costos de mantenimiento a nivel de riego y energía ya que éstas se encuentran adaptadas a las condiciones geodáficas e hidrológicas del lugar. Prosperan con la cantidad y tipo de agua que naturalmente existe respecto a la época de lluvia y seca [14]. Además, colaboran con el mantenimiento de los ciclos

naturales de agua, en la recarga y descarga acuífera [10]. Por lo tanto, la gestión y manejo de parques urbanos debe adaptarse a los factores limitantes existentes en la zona, no solo basarse en lineamientos generales de manejo.

1.4 Forestación urbana y paisajismo

El proceso de crear un área verde depende del tiempo. Por tanto, existen elementos fenológicos al momento de escoger las especies arbóreas y arbustivas a considerar y combinar junto a los elementos paisajísticos. Por ejemplo, es importante investigar la velocidad de crecimiento, épocas de reproducción y hábitos de crecimiento. También es esencial conocer los requerimientos de suelo, clima, resistencia a agentes contaminantes, entre otros. Toda esta información ayuda a asegurar una forestación exitosa y evita gastos económicos insulsos y pérdida de tiempo. La ventaja del uso de especies nativas es que éstas están adaptadas ecológicamente, además de encontrarse en armonía con el ambiente natural e identificarse con la cultura regional. Además, ofrecen menor costo de mantenimiento, especialmente porque tienen un bajo requerimiento hídrico a largo plazo (en un principio necesitan agua pero solo hasta desarrollarse). Aunque su crecimiento sea más lento, esto se puede acelerar mediante una adecuada fertilización. Son resistentes a plagas y a temperaturas extremas al ser su hábitat natural. Finalmente, favorecen y brindan refugio y alimentación a fauna nativa [2].

1.5 Biodiversidad y calidad de vida urbana

La biota que logra sobrevivir en las ciudades tiene mucha importancia en el equilibrio ecológico del medio ambiente urbano y en su calidad ambiental [17][34]. La relación entre el área verde y esta biota es estrecha respecto a su riqueza y abundancia. La diversidad de especies [9] es la variedad de distintos tipos de organismos que forman una comunidad y está conformada por su riqueza y abundancia. La riqueza de especies [9] representa el número total de especies diferentes de la comunidad. La abundancia relativa de especies es la proporción de cada especie respecto al número total de individuos en la comunidad [9].

Una comunidad útil como bioindicador de calidad de vida urbana es la ornítica [20]. Existen variables como el tamaño y edad del parque que afectan la riqueza de especies de aves en los parques urbanos. Por ejemplo, los parques más grandes favorecen el establecimiento de las especies debido a la mayor disponibilidad y diversidad de hábitats [21] ya que el efecto de borde de la matriz urbana no es tan pronunciado como en los parques pequeños [19]. Sin embargo, aunque un área verde sea extensa, y si no es suficientemente compleja a nivel estructural, la riqueza no aumenta.

La relación entre la flora urbana y ornitofauna es directa. La vegetación nativa incrementa de una manera natural la ornitofauna del lugar [26]. La cantidad de

árboles y arbustos también influyen en el tipo de ornitofauna. Por ejemplo, la cobertura de arbustos fomenta la riqueza y rareza de especies de aves, ya que proporciona hábitats diversos para la reproducción además de protegerlas de la perturbación de predadores y paseantes [16]. Los gremios de alimentación a los cuales las aves pertenecen es otro factor influyente. Según Root [39] un gremio se define como “un grupo de especies que explotan la misma clase de recursos ambientales de una manera similar”. Algunos biólogos de la conservación argumentan que el perfil de gremios puede ser bastante sensible a efectos sutiles de las actividades humanas. Aunque su uso es debatido, sigue siendo alentador en las regiones tropicales y subtropicales [43].

2 Metodología

Se realizó un estudio descriptivo mediante la caracterización de la biodiversidad urbana cochabambina. Se propone una mejora de ésta con base en datos semi-cuantitativos sobre flora y ornitofauna. El trabajo de campo (datos de flora, ornitofauna y respecto a los parques) se llevó a cabo entre los meses de febrero y junio 2011.

El área de estudio se ubica en la cuenca central del Departamento de Cochabamba, Provincia Cercado. El límite norte es la cota 2.750; al este el límite provincial con Sacaba (Oficina de Servicio de Caminos); al oeste el límite provincial con Colcapirhua; y al sur la serranía de Cuturipa. La cuenca central de Cochabamba se encuentra dentro de la Región Andina Tropical en la Provincia Biogeográfica Boliviano-Tucumana, Sector del Piray-Rio Grande [31]. Está ubicada en el piso bioclimático mesotropical inferior. Con base en datos meteorológicos del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología, SENAMHI [42] y el modelo bioclimático de Rivas-Martínez [37], el macrobioclima es tropical, el bioclima es xérico y el ombrotipo es semiárido superior. Esta provincia biogeográfica está representada por debajo de los 3.000 m s.n.m. en esta cuenca, ya que por encima, se convierte en la provincia biogeográfica Puneña-Mesofítica, ausente en este estudio al ser el límite norte 2.750 m s.n.m.

La geomorfología de la cuenca central de Cochabamba se caracteriza por una pendiente que disminuye de norte a sur de 13-22% a partir de la cordillera, hasta un fondo de valle profundo donde la pendiente es prácticamente nula. Paralelamente, su edad geológica disminuye según la pendiente, encontrándose formaciones de los Periodos Ordovícico y Silúrico (Era Paleozoica) en las serranías y cordillera; a diferencia del fondo de valle, el cual está formado por lo lacustre del Cuaternario (lo más reciente). La pedregosidad, también directamente relacionada con la pendiente, disminuye en el fondo de valle.

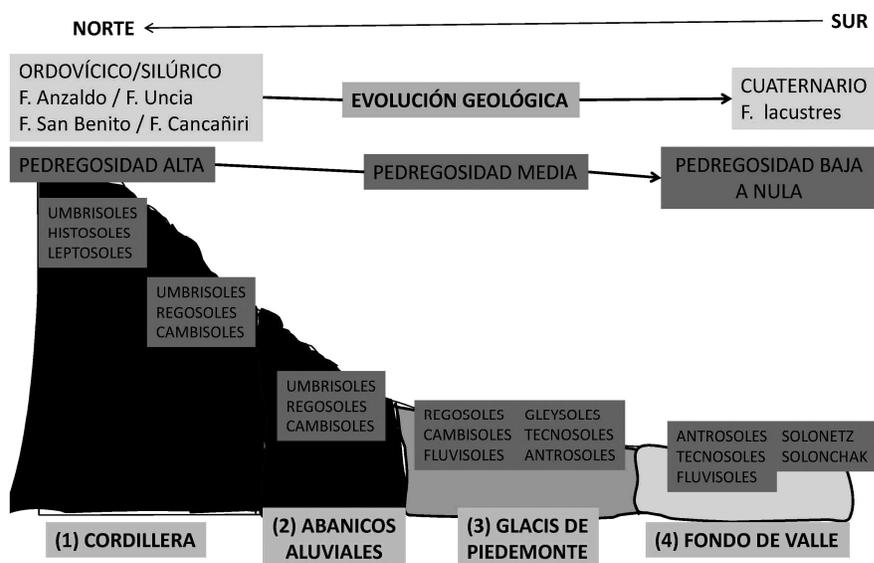


Figura 1: Perfil esquemático general de la geomorfología, evolución de la geología y suelos de la ciudad de Cochabamba.

El total de áreas verdes en la urbe de la provincia Cercado estimado por el Ing. Agrónomo Jorge Fernández, supervisor de EMAVRA (Empresa Municipal de Áreas Verdes y Recreación Alternativa), del Departamento de Obras Públicas del Gobierno Autónomo Municipal de Cochabamba, se encuentra en 140 ha aproximadamente. En este estudio, los puntos de muestreo son parques urbanos o áreas verdes que alcanzan alrededor de 58 ha, o sea, el 41% del total de áreas verdes. Los criterios de identificación de cada parque fueron: área igual o mayor a 1,5 ha, al menos 2 parques por zona geodáfica y heterogeneidad de flora a primera vista. Los parques muestreados fueron: Parque Bicentenario, Parque Fidel Anze, Parque Lincoln, Parque Demetrio Canelas, Parque Ex-Combatientes, Parque Del Niño, El Prado, Parque De La Torre, Parque Mariscal Santa Cruz y el Cementerio General.

La zonificación de la cuenca central de Cochabamba se llevó a cabo a partir de la interpretación y análisis de mapas univariantes [6][7][22][23][24]. Se tomaron en cuenta las variables de pendiente, nivel de pedregosidad, tipo de recarga acuífera y tipo de aguas subterráneas. Esta zonificación sirve como base para identificar las especies arbóreas y arbustivas aptas para la forestación de la ciudad de Cochabamba. La información sobre estas variables fue obtenida de mapas pertenecientes al Plan Municipal de Ordenamiento Territorial de Cochabamba [23][24], del mapa hidrogeológico del Valle Central de Cochabamba [6] y del mapa hidroquímico del Valle Central de Cochabamba [7].

Los criterios para identificar las especies utilizables fueron la apariencia de la especie a nivel estético-paisajístico, la velocidad de crecimiento y el tipo de propagación (Tabla 1). Respecto al primer criterio, se tomó en cuenta la gama de colores, la forma y el diámetro de copa que presenta cada especie a lo largo del año. El tiempo de crecimiento [13] se estableció como rápido (máximo desarrollo entre 5 y 15 años para árboles y antes de 5 años para arbustos), medio (máximo desarrollo entre 15 y 25 años para árboles y entre 5 y 10 años para arbustos) y lento (máximo desarrollo en más de 25 años para árboles y en más de 10 años para arbustos). Finalmente, el tipo de propagación se da por semilla, por esqueje, ambos o por otra forma. Esta información fue obtenida gracias a la biblioteca y muestras del Herbario Forestal Nacional “Martín Cárdenas” al igual que la revisión de páginas *web* de viveros online sobre flora urbana de Argentina, Chile y Perú.

El uso de aves como indicadores de calidad ambiental se basa en su facilidad para ser detectadas ya que muchas son llamativas, su identificación es fácil y confiable y además son sensibles a perturbaciones de su hábitat. Respecto a la ornitofauna registrada en esta área, se tomó como referencia el trabajo de Balderrama *et al.* [3],[4]. Dentro de estos estudios se registraron especies acuáticas en las lagunas Alalay y Albarrancho y terrestres dentro de la zona urbana de Cochabamba. El método de obtención de datos de abundancia y riqueza de flora y ornitofauna fue semi-cuantitativo. La frecuencia de detección de cada especie es utilizada como índice de abundancia relativa [46]. Respecto a la flora, la abundancia relativa se midió con base en el índice de abundancia-dominancia de Braun-Blanquet (+ = cobertura menor a 5%, “uno”=cobertura igual a 5%, “dos”=entre el 5 y 25%, “tres”=entre el 25 y 50%, “cuatro”=entre 50 y 75% y “cinco”=cobertura mayor al 75%) [8]. La abundancia relativa para aves tuvo también un rango de 0-5, donde “1” representa entre 3 y 10 individuos, “2” representa entre 11 y 18 individuos, “3” representa entre 19 y 26 individuos, “4” representa entre 27 y 34 individuos y “5” representa entre 35 o más individuos. En ambos casos (flora y avifauna), cualquier abundancia menor a tres individuos, indicada con un “+”, se representó como decimal menor a 1 (un individuo = 0,3; dos individuos = 0,6).

Se llevaron a cabo caminatas en zig-zag [44], las cuales consistieron en cubrir cada punto de muestreo de un extremo al otro (100% de área de cada parque). Se realizó un muestreo mensual en la mañana y otro en la tarde en cada parque. Por tanto, dentro del tiempo de estudio, se obtuvieron un total de 10 listados de riqueza y abundancia relativa de aves por parque (2 listados por mes). Para la identificación de las especies, fueron usadas la guía sobre ornitofauna de Balderrama *et al.* [4] al igual que fotografías propias, que fueron identificadas con base en esta guía y según entrevistas personales con MSc. J.A. Balderrama en persona, uno de sus autores.

Tabla 1: Variables e indicadores utilizados en el desarrollo de los objetivos específicos de este estudio.

Objetivo específico	Variable	Indicador
a) Zonificar la cuenca central de Cochabamba en base a factores geoedáficos	i. Pendiente	0 – 6 % 6 – 13 % 13 – 22 %
	ii. Pedregosidad	Baja a nula Media Alta
	iii. Recarga acuífera	< 9 m ³ día ⁻¹ 9 – 43 m ³ día ⁻¹ 43 – 432 m ³ día ⁻¹
	iv. Tipo de aguas subterráneas	Cálcico-magnésicas bicarbonatadas Sódico-bicarbonatadas
b) Identificar las series de vegetación potencial por zona y las especies utilizables de cada serie para forestación urbana	i. Zona geoedáfica	Piedemonte alto Piedemonte bajo Planicie lacustre alta Planicie lacustre baja
	ii. Velocidad de crecimiento (altura según edad)	Rápido Medio Lento
	iii. Tipo de propagación	Por semilla Por esqueje Otro Ambos
	iv. Apariencia estético-paisajística	Forma de flor Tonos de color Fragancia
c) Identificar la flora y ornitofauna existentes en parques urbanos por zona geoedáfica como indicador de calidad ambiental	i. Riqueza	Número de especies de flora nativa y exótica Número de especies de aves nativa y exótica
	ii. Abundancia relativa	Cantidad de aves nativas y exóticas por especie Cantidad de flora nativa y exótica por especie
	iii. Zona geoedáfica del parque	Piedemonte alto Piedemonte bajo Planicie lacustre alta Planicie lacustre baja
	iv. Época del año	De lluvia Seca
	v. Gremio alimenticio	Tipo de gremio (omnívoro, nectarívoro, etc.)

Se representó la diversidad por medio de gráficos de rango-abundancia [18]. Los resultados se clasificaron en base a gremios de aves al ser la mejor manera de conectar los datos de flora con los de aves para el análisis como indicadores de calidad ambiental. Se calculó el Índice de Diversidad de Shannon (H') [28] tanto para la flora como las aves de cada parque. Este índice considera que los individuos se muestrean al azar a partir de una población “infinitamente grande”. También asume que todas las especies están representadas en la muestra. Se calcula con la siguiente ecuación:

$$H' = -\sum p_i \ln p_i \quad (\text{ec. 1})$$

Donde: $p_i = n_i/N$, n_i es el número de individuos de la especie que ocupa la i -ésima posición en abundancia y N es el número total de individuos. También se calculó el nivel de significancia (ecuación 2 y 3) y los grados de libertad (ecuación 4) entre el dato del Índice de de Diversidad de Shannon (H') de aves mayor y el menor en base a las siguientes fórmulas:

$$VarH' = \frac{\sum p_i (\ln p_i)^2 - (\sum p_i \ln p_i)^2}{N} - \frac{S-1}{2N^2} \quad (\text{ec. 2})$$

Donde: $p_i = n_i/N$, S es el número total de especies, N es el número total de individuos y $VarH'$ es la varianza de H' .

$$t = \frac{H'_1 - H'_2}{(\text{Var}H'_1 + \text{Var}H'_2)^{1/2}} \quad (\text{ec. 3})$$

Donde t es diferencia significativa.

$$df = \frac{(\text{Var}H'_1 + \text{Var}H'_2)^2}{(\text{Var}H'_1)^2/N_1 + (\text{Var}H'_2)^2/N_2} \quad (\text{ec. 4})$$

Donde: df son los grados de libertad y N_1 , N_2 representan el número total de individuos en cada muestra, respectivamente.

3 Resultados

3.1 Zonificación

Se zonificó la cuenca central de la ciudad de Cochabamba en 4 zonas: A, B, C y D. La primera, Zona A, representa el Piedemonte Alto. Dentro de ésta, se encuentran los parques Bicentenario, Fidel Anze y Lincoln. Potencialmente, tiene una pedregosidad alta y una pendiente del 13-22%. Es una zona importante de recarga acuífera, por lo que se encuentra entre 43 y 432 m³ día⁻¹. Sus aguas son de tipo cálcico magnésicas bicarbonatadas. Su línea límite Oeste-Este con la Zona B es la Av. América.

La Zona B representa el Piedemonte Bajo e incluye 2 parques estudiados: Demetrio Canelas y Ex Combatientes. Disminuye en pendiente pero se mantiene en pedregosidad. La recarga acuífera disminuye de 9 a 43 m³ día⁻¹. Presenta aguas del mismo tipo que en la Zona A. Su límite Oeste-Este con la Zona C es la Av. D' Orbigni y el río Rocha.

La Zona C representa la Planicie Lacustre Alta y se encuentran los parques Del Niño, Prado y De La Torre. Dentro de ésta, existe gran parte del denominado casco viejo cochabambino. Tiene una pedregosidad baja a nula y una pendiente entre el 6% y 13%. La recarga acuífera es menor a 9 m³ día⁻¹ y sus aguas se convierten en sódicas-bicarbonatadas. Su límite Oeste-Este con la Zona D es la Av. Capitán Ustáriz, la Av. Aroma y la Av. 9 de Abril.

La Zona D representa la planicie lacustre baja, dentro de la cual los únicos parques de gran envergadura son el parque Mariscal Santa Cruz y el Cementerio General. Su pedregosidad es nula y la pendiente es prácticamente inexistente. Tiene una escasa recarga acuífera al igual que la Zona C ya que ambas zonas son de descarga. Sus aguas son más sódicas-carbonatadas aún, por lo que requiere un manejo de áreas verdes más especializado.

3.2 Especies utilizables de series de vegetación potencial para forestación urbana

Con base en las cuatro zonas geodáficas propuestas, se identificaron las geoserias de vegetación potencial (Fig. 2) siguiendo la propuesta de Navarro [30]. La geoserie del Chilijchi (*Erythrina falcata-Acacia visco*) es la que representa a la Zona A. La geoserie del Sauce de Humboldt (*Pisoniella arborescens-Salix humboldtiana*) se encontraría en la Zona B. La geoserie freatófita no salina del Algarrobo (*Schinus fasciculatus-Prosopis alba*) representa la Zona C. Finalmente, la geoserie freatófita salina del Algarrobo (*Lycium americanum-Prosopis alba*) está adaptada a la Zona D.

Las especies utilizables según criterios específicos identificados en los métodos de este estudio son 11 especies arbóreas y 11 arbustivas aptas para la forestación urbana (Tabla 2). Entre las especies arbóreas se encuentran: Jarka (*Acacia visco*), Aliso (*Alnus acuminata*), Cedro (*Cedrela lilloi*), Ceibo o Chilijchi (*Erythrina falcata*), Jacarandá (*Jacaranda mimosifolia*), Molle (*Schinus molle*), Tipa (*Tipuana tipu*), Chirimolle o sauco (*Zanthoxylum coco*), Sauce (*Salix humboldtiana*), Faique o aroma (*Acacia macracantha*) y Algarrobo (*Prosopis alba*). Entre las 11 especies arbustivas se encuentran: Budleia (*Buddleja tucumanensis*), Pisoniela (*Pisoniella arborescens*), Huaranguay colorado (*Tecoma fulva subsp. garrocha*), Andrés Wella o palqui (*Cestrum parquii*), Molle colorado (*Schinus fasciculatus*), *Tropaeolum bolivianum*, Cabra muña (*Aloysia gratissima*), Chacatea (*Dodonaea viscosa*), *Lantana balansae*, T'uyu T'uyu (*Pluchea fastigiata*) y la especie *Lycium americanum*. Aunque según de La Barra [15], se distinguen dos especies del género *Tecoma* (*T. cochabambensis* y *T. garrocha*), según

Wood [47], ambas especies han sido agrupadas dentro del nombre científico *Tecoma fulva subsp. garrocha* ya que solo difieren en el grado de emergencia de las anteras (anther exsertion) y además que no es satisfactoria la distinción de foliolos peciolados y sésiles usados para separarlos en diferentes especies.

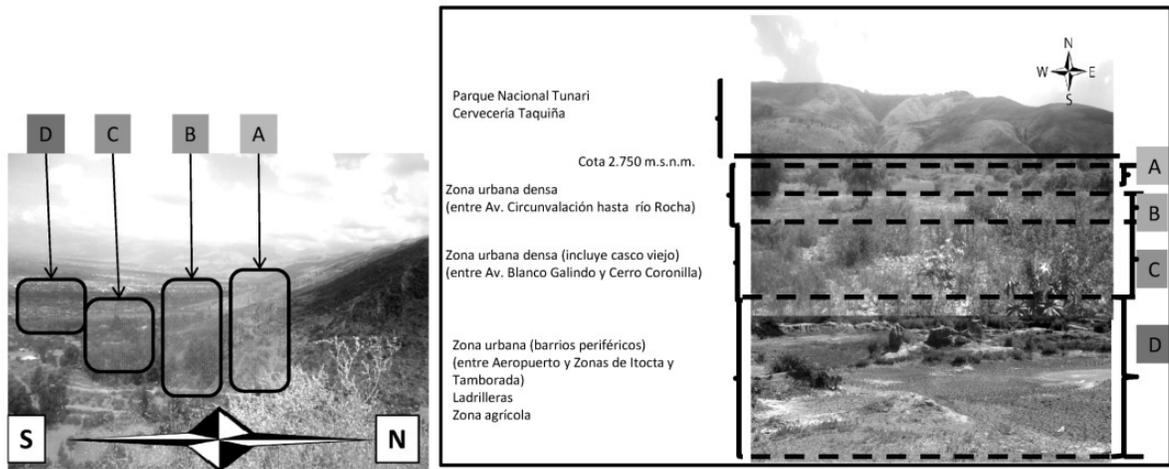


Figura 2: Geoseries de vegetación según la zona geodáfica propuesta: Zona A o piedemonte alto (Geoserie del Chilijchi), Zona B o piedemonte bajo (Geoserie del Sauce de Humboldt), Zona C o planicie lacustre alta (Geoserie freatófita no salina del Algarrobo) y Zona D o planicie lacustre baja (Geoserie freatófita salina del Algarrobo).

De las 11 especies arbóreas que se propagan solo por semilla o por semilla y esqueje (Tabla 3), 7 se encuentran disponibles en BASFOR-Cbba. Estas son el Faique o Aromo (*A. macracantha*), Jacarandá (*J. mimosifolia*), Molle (*S. molle*), Tipa (*T. tipu*), Jarka (*A. visco*), Aliso (*A. acuminata*) y Chilijchi (*E. falcata*). Existe semilla del mismo género pero diferente especie de Algarrobo (*P. alba*) y de Cedro (*C. lilloi*). Las especies que no existen en semilla en la BASFOR son el Sauce (*S. humboldtiana*) y Chirimolle (*Z. coco*). Respecto a las especies arbustivas, de las 11 especies arbustivas propuestas (Tabla 3), solo existe semilla de Chacatea (*D. viscosa*) en BASFOR-Cbba, y no se tiene una suficiente información sobre cómo se propaga *Pisoniella arborescens*. Las otras especies que se propagan por solo semilla son *Lycium americanum*, Molle Colorado y *Tropaeolum bolivianum*. Las que se propagan tanto por esqueje como semilla son la Budleia, Andrés Wella, *Lantana balansae* y Huaranguay Colorado. Las que solo se propagan por esqueje son la Cabra Muña y T'uyu T'uyu.

Tabla 2: Especies arbóreas y arbustivas utilizables para forestación urbana. Elaborado con base en de la Barra [15].

Geoserie de vegetación	Especies arbóreas	Especies arbustivas
A. Geoserie del Chilijchi: <i>E.falcata</i> - <i>A.visco</i>	<i>Acacia visco</i> (Jarka) <i>Alnus acuminata</i> (Aliso) <i>Cedrela lilloi</i> (Cedro) <i>Erythrina falcata</i> (Chilijchi) <i>Jacaranda mimosifolia</i> (Jacarandá) <i>Schinus molle</i> (Molle) <i>Tipuana tipu</i> (Tipa) <i>Zanthoxylum coco</i> (Chirimolle)	<i>Buddleja tucumanensis</i> (Budleia) <i>Pisoniella arborescens</i> (Pisoniela) <i>Tecoma fulva subsp. garrocha</i> (Huaranguay)
B. Geoserie del Sauce de Humboldt <i>P. arborescens</i> - <i>S. humboldtiana</i>	<i>Acacia visco</i> (Jarka) <i>Alnus acuminata</i> (Aliso) <i>Jacaranda mimosifolia</i> (Jacarandá) <i>Salix humboldtianum</i> (Sauce llorón) <i>Schinus molle</i> (Molle) <i>Tipuana tipu</i> (Tipa)	<i>Cestrum parquii</i> (Andrés wella) <i>Pisoniella arborescens</i> (Pisoniela) <i>Schinus fasciculatus</i> (Molle colorado) <i>Tropaeolum bolivianum</i>
C. Geoserie no salina del Algarrobo <i>S. fasciculatus</i> - <i>P. alba</i>	<i>Acacia macracantha</i> (Faique) <i>Prosopis alba</i> (Algarrobo) <i>Schinus molle</i> (Molle)	<i>Aloysia gratissima</i> (Cabra muña) <i>Dodonaea viscosa</i> (Chacatea) <i>Lantana balansae</i> <i>Pluchea fastigiata</i> (T'uyu T'uyu) <i>Schinus fasciculatus</i> (Molle colorado)
D. Geoserie salina del Algarrobo <i>L.americanum</i> - <i>P. alba</i>	<i>Acacia visco</i> (Jarka) <i>Prosopis alba</i> (Algarrobo) <i>Schinus molle</i> (Molle)	<i>Cestrum parquii</i> (Andrés wella) <i>Lycium americanum</i> <i>Pluchea fastigiata</i> (T'uyu T'uyu) <i>Schinus fasciculatus</i> (Molle colorado)

De las 11 especies arbóreas escogidas, la mayoría (7) son de crecimiento rápido, por tanto, alcanzan su máximo desarrollo entre los 5 y 15 años. Estas son el Faique o Aromo, Aliso, Chilijchi, Jacarandá, Sauce Llorón, Molle y Tipa. Las especies de crecimiento medio son la Jarka y Cedro, y de crecimiento lento, el Algarrobo y Chirimolle. Respecto a los arbustos, no se tiene una información concisa de la mayoría, y solo se sabe sobre 3 de los 11 arbustos. Estas especies de rápido crecimiento son la Cabra Muña, Andrés Wella, y la Chacatea.

Tabla 3: Tipo de propagación de especies arbóreas y arbustivas propuestas para forestación urbana.

Tipo de propagación			
Por semilla	Por esqueje	Ambos (por semilla y esqueje)	Falta información
Especies arbóreas			
<i>Acacia macracantha</i>		<i>Acacia visco</i>	
<i>Cedrela lilloi</i>		<i>Alnus acuminata</i>	
<i>Jacaranda mimosifolia</i>		<i>Erythrina falcata</i>	
<i>Prosopis alba</i>		<i>Salix humboldtiana</i>	
<i>Schinus molle</i>			
<i>Tipuana tipu</i>			
<i>Zanthoxylum coco</i>			
Especies arbustivas			
<i>Dodonaea viscosa</i>	<i>Aloysia gratissima</i>	<i>Buddleja tucumanensis</i>	<i>Pisoniella arborescens</i>
<i>Lycium americanum</i>	<i>Pluchea fastigiata</i>	<i>Cestrum parqui</i>	
<i>Schinus fasciculatus</i>		<i>Lantana balansae</i>	
<i>Tropaeolum bolivianum</i>		<i>Tecoma fulva subsp. garrocha</i>	

3.3 Flora y ornitofauna actual en la cuenca central de Cochabamba

La riqueza total de flora actual en los parques estudiados es de 88 especies. La riqueza de especies nativas pertenecientes a la cuenca central de Cochabamba (NAT.CBB) sumó un 9% (8 especies) y las especies nativas pertenecientes a Bolivia (NAT.BOL) un 10% (9 especies) del total. Por otro lado, se clasificaron las especies exóticas como especies oriundas de Sudamérica (EXO.SUD) con un 16% (14 especies) y especies provenientes de otros continentes (EXO.OTR) con un 65% (57 especies). La abundancia relativa más alta de flora en los 10 parques estudiados, fue la flora nativa de Bolivia (1,67), luego la flora nativa de la cuenca central de Cochabamba (1,51). En tercer lugar, la flora oriunda de otros continentes sigue con 1,24 y finalmente la oriunda de Sudamérica tuvo una abundancia relativa de 0,93.

Se identificaron 8 gremios alimenticios de aves y se ordenan a continuación según su abundancia relativa en orden descendente: omnívoros (1,57), granívoros (1,29), insectívoros (0,91), otros (0,41), granívoro-insectívoros (0,36), herbívoros (0,34), carnívoros (0,10) y nectarívoros (0,04). En la categoría “otros” se incluyó a los nectarívoro-insectívoros y frugívoro-insectívoros al ser minoría. Las especies de ornitofauna identificadas pertenecen en su mayoría a Sudamérica. Sin embargo,

existen dos especies exóticas: la Paloma Doméstica (*Columba livia*) y el Gorrión Común (*Passer domesticus*). Estas especies tienden a ganar el hábitat de las especies nativas, por lo que representan un riesgo a la diversidad nativa de aves.

Aunque algunas especies logran adaptarse a cambios en alimento y hábitat, su abundancia tiende a disminuir. La ornitofauna omnívora es la más abundante ya que para sobrevivir su alimentación varía desde frutos, granos y hojas de plantas, hasta insectos. Entre estas especies se encuentran el Tordo Músico (*Agelaiodes badius*), el Testigo (*Pitangus sulphuratus*), el chualo (*Turdus amaurochalinus*) y la Pichitanka (*Zonotrichi acapensis*). El gremio menos abundante es el nectarívoro, representado por varias especies de colibríes en baja abundancia (Ej. *Colibri coruscans*, *Chlorostilbon aureoventris*).

La Zona C es la que contiene la mayor abundancia de flora nativa de la cuenca central de Cochabamba, representada por dos especies: el Jacarandá (*J. mimosifolia*) y la Tipa (*T. tipu*), siendo el parque De La Torre el único parque con Sauce Llorón (*S. humboldtiana*). El Sauce ya no es muy común en una zona como ésta por la baja disponibilidad de agua. Los parques de esta zona están altamente poblados por especies nativas a nivel Bolivia, como ser el Ceibo (*Erythrina crista-galli*) y el Carnavalito (*S. carnavala*). El Molle se encuentra presente en dos de los tres parques, exceptuando El Prado. Por otro lado, la Zona A presenta una mayor riqueza de flora nativa, especialmente en el parque Fidel Anze y parque Lincoln. Éstos presentan también la mayor diversidad de ornitofauna.

Las zonas B y D son las zonas más abundantes en especies oriundas de Sudamérica. Algunas especies representativas son el Pacay (*Inga edulis*), el Ombú (*Phytolaca dioica*) y la Lluvia de Oro (*Tecoma stans*). En la Zona D son abundantes las especies exóticas. Especies de Australia -Casuarina (*Casuarina equisetifolia*), Eucalipto (*Eucalyptus globulus*), Árbol Botella (*Brachyhiton populneus*), Árbol de Fuego (*Grevillea robusta*); Asia -Aligustre del Japón (*Ligustrum japonicum*), Paraíso (*Melia azederach*); Norteamérica -Fresno (*Fraxinus americana*) y Europa -Álamo de Italia (*Populus nigra var itálica*), Palmera Canaria (*Phoenix canariensis*), representan esta categoría.

En resumen, al analizar las 4 zonas geodáficas, se determina que existe un patrón en la dominancia y rareza de gremios alimenticios de aves. Los gremios dominantes pertenecen a los omnívoros, granívoros e insectívoros, de mayor a menor dominancia. Entre las especies más raras, se encuentran las nectarívoras (especialistas) en 3 de las 4 zonas, pero en general las carnívoras y nectarívoras son muy raras. Según el gráfico rango-abundancia (Fig. 3), se puede observar que, a nivel de aves, existe una homogeneidad entre las 4 zonas geodáficas.

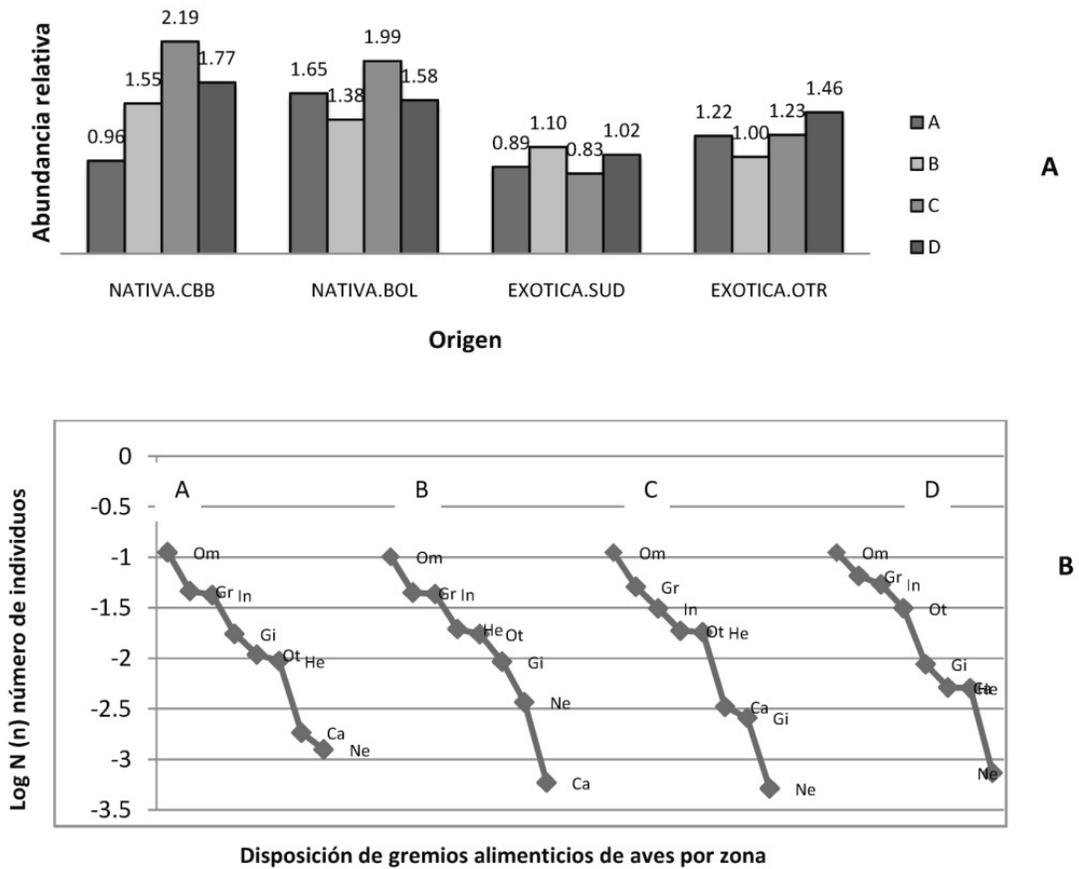


Figura 3: A. Abundancia de la flora de la cuenca central de Cochabamba organizada por zona y por origen, donde NATIVA.CBB: flora nativa de la cuenca central de Cochabamba, NATIVA.BOL: flora nativa de Bolivia, EXÓTICA.SUD: flora exótica proveniente de Sudamérica y EXÓTICA.OTR: flora proveniente de otros continentes. **B.** Estructura zonal de gremios de ornitofauna de la cuenca central de Cochabamba.

Para traducir los datos totales encontrados en términos de diversidad, se calculó el Índice de Diversidad de Shannon (H') para cada parque, obteniendo un dato de este índice para su flora nativa total (tanto de Cochabamba como de Bolivia), otro de su flora exótica (tanto oriunda de Sudamérica como de otros continentes) y otro para sus aves (excluyendo las 2 especies exóticas: *C. livia* y *P. domesticus*). Se calculó también el nivel de significancia (t) y los grados de libertad (df) entre los H' de aves de los dos extremos (en este caso, parque Bicentenario y parque Demetrio Canelas). Se obtuvo que estadísticamente no es significativa la

diferencia entre diversidad de aves de los extremos ($t=0,3186$ y $df=33,99$). Sin embargo, en la Figura 4 donde se correlacionan los datos de flora y aves, se pueden advertir diferencias significativas.

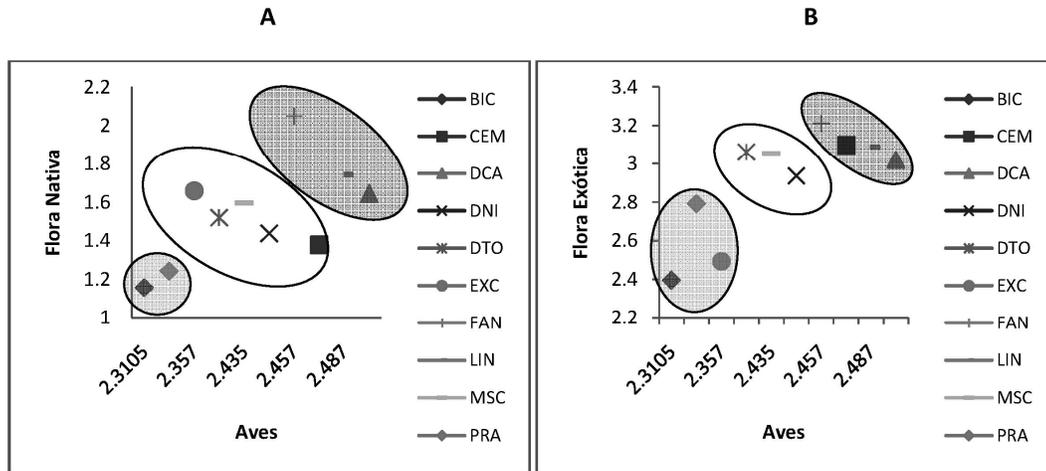


Figura 4: **A.** Diversidad de flora nativa y aves (excluyendo aves exóticas de los Andes: *Columba livia* y *Passer domesticus*). **B.** Diversidad de flora exótica y aves (*Ibid*) de los 10 parques estudiados, basado en el Índice de Diversidad de Shannon (H'). Parques: Bicentenario (BIC), Fidel Anze (FAN), Lincoln (LIN), Demetrio Canela (DCA), Ex-Combatientes (EXC), Del Niño (DNI), El Prado (PRA), De La Torre (DTO), Mariscal Santa Cruz (MSC) y Cementerio (CEM).

Los datos siguen una tendencia lineal ascendente, lo cual muestra que a mayor diversidad de flora, mayor diversidad de aves. Según esta Figura (4), los parques más diversos en ambas situaciones (flora nativa con aves y flora exótica con aves) son 3: el parque Lincoln y parque Fidel Anze (ambos de la Zona A) y el parque Demetrio Canelas (Zona B). El otro extremo, menos diversos, es representado por 2 parques: el Bicentenario (Zona A) y El Prado (Zona C). Existen variables claves en este análisis como ser la cercanía del parque a la Cordillera del Tunari, la edad misma del parque, el nivel de cobertura, altura de dosel, la abundancia y riqueza de especies identificadas y en algunos casos por factores antropogénicos. Por ejemplo, aunque los parques de la Zona A son los más próximos a la Cordillera del Tunari, solo dos demuestran una máxima diversidad, excluyéndose al parque Bicentenario.

El parque Demetrio Canelas (Zona B) es uno de los más diversos, junto al parque Fidel Anze y Lincoln, probablemente por su cercanía a la Cordillera del Tunari y además, a diferencia del otro parque de la Zona B, el parque Ex Combatientes, tiene gran altura de dosel y mayor cobertura arbórea y especialmente arbustiva, además de tener mayor edad. Por lo que este parque tiene una estructura

más dinámica a nivel de estratos, debido a lo cual aves de ciertos gremios (p.e., granívoros) tienen mayor cantidad de lugares para refugiarse, descansar y obtener alimento.

Dentro de los parques con menor diversidad se encuentran El Prado (Zona C) y el Parque Bicentenario (Zona A). De hecho, los otros parques de esta zona se encuentran con bajos niveles de diversidad nativa también (parques De la Torre y Del Niño), al ser parques poblados por flora exótica, por encontrarse en el casco viejo de la ciudad. Son los más afectados a nivel antropogénico al encontrarse en el lugar más ajetreado y copado por tráfico vehicular. El parque De La Torre presenta gran abundancia de flora nativa, pero poca riqueza, siendo perjudicial tener pocas especies en gran cantidad. La Zona D (parques Mariscal Santa Cruz y Cementerio) es más diversa que la C, pero tampoco supera a las más diversas de la A y parte de la B. Esto se debe probablemente a que no es tan afectada en el sentido antropogénico, y porque sus parques poseen gran altura de dosel. Aparte de estas razones, sigue siendo una zona altamente poblada por flora exótica.

4 Discusión

4.1 Zonificación

La pendiente es un componente de la geomorfología de esta cuenca y juega un papel clave respecto al nivel de pedregosidad del área. La cantidad de recarga o descarga acuífera y la salinidad del agua se encuentran en función de la pendiente. Es decir que a mayor pendiente, existe una mayor pedregosidad. También existe mayor salinidad y se da una descarga acuífera a menor pendiente.

La Zona A es una zona que sirve de conexión entre la ornitofauna del Parque Nacional Tunari y la urbe al proveer con refugio y alimento para ésta. La Zona B es la más abundante en agua, por lo que se la encuentra “verde” durante gran parte del año. La Zona C y D han sido las más afectadas por la introducción de especies de flora exótica en sus áreas verdes, desde mucho tiempo atrás, ya que especialmente la Zona C representa el casco viejo. La Zona D es la zona más difícil de manejar a nivel de áreas verdes al tener características geodáficas adversas, además de haber sido altamente degradada por la actividad de las ladrilleras.

4.2 Especies utilizables de series de vegetación potencial para forestación urbana

La flora nativa potencial de esta cuenca se encuentra conservada para algunas geoserias y altamente degradada para otras. Especies que representan la geoserie del Chilijchi (*Erythrina falcata*) han desaparecido en gran parte por el aumento de densidad de población, quedando individuos de Chilijchi, Cedro (*Cedrela lilloi*) y

Aliso (*Alnus acuminata*) dentro de algunas casas. No se identificaron individuos de Chirimolle (*Zanthoxylum coco*), Cedro (*Cedrela lilloi*) y Aliso (*Alnus acuminata*) en parques urbanos cochabambinos, aún al ser árboles representativos de la cuenca de esta ciudad. La geoserie del Sauce de Humboldt, ubicada a lo largo de la ciclovía de la zona Norte de la ciudad, se mantiene conservada al haberse identificado varios individuos de Sauce (*Salix humboldtiana*). Otras especies como el Jacarandá (*Jacaranda mimosifolia*) y Tipa (*Tipuana tipu*) pueden encontrarse con mayor frecuencia en los parques Ex Combatientes y Demetrio Canelas. La geoserie freatófita no salina del Algarrobo se encuentra altamente degradada dentro de la ciudad, al haber sido expuesta a flora exótica. Además, no se encuentra representada en ninguno de los parques. La presencia de ladrilleras ha degradado el suelo y la falta de información respecto al manejo de suelos salinos por parte de entes gubernamentales podría ser la causa de que esta zona se encuentre en crisis de cobertura vegetal urbana.

Respecto a los tipos de propagación de las especies propuestas, el Sauce (*Salix humboldtiana*) tiene un 88% de éxito en propagarse por esqueje. *Tecoma arequipensis*, especie nativa del Perú, ha mostrado mejor éxito (85%) mediante propagación vegetativa. Se cree que *T. fulva* podría reaccionar de manera similar. *Lycium americanum* tiene un éxito solo de 1% mediante esquejes, por tanto es mejor propagarlo mediante semillas. *Pluchea chingoyo* se propaga mediante esquejes con un 80% de éxito, por lo que se estima que el T'uyu T'uyu (*Pluchea fastigiata*) pueda reaccionar similarmente.

Los recursos existentes condicionados para el hábitat serán los que determinen la rapidez de crecimiento de los plantines cuando la propagación es natural. Sin embargo, la propagación y crecimiento en vivero puede acelerarse una vez que los recursos se conviertan en insumos provistos por el ser humano. La información obtenida respecto a la rapidez de crecimiento de las especies seleccionadas aptas para forestación urbana, se ha estimado con base en datos de crecimiento natural y en vivero.

Por lo tanto, es importante apoyar en la expansión del banco de semillas de la BASFOR-Cbba para incluir algunos de los arbustos que crecen más efectivamente por semilla. También, se debería investigar junto a éstos las formas de propagación y la velocidad de crecimiento de los arbustos nativos propuestos. Este desconocimiento respecto al desarrollo de especies arbustivas nativas se observa claramente en las áreas verdes de Cochabamba ya que prácticamente no existe un nivel arbustivo y los arbustos existentes, son exóticos.

4.3 Flora y ornitofauna actual de la cuenca central de Cochabamba

La calidad y nivel de conservación de la biodiversidad urbana, dependen de cómo son manejados sus parques y áreas verdes en general. Un dato preocupante es que el total de áreas verdes en la ciudad de Cochabamba representa menos del

1% (0,36%; territorio total: 391 km²) respecto al territorio total de la provincia Cercado. Y al ser un ambiente mayormente de tipo exótico, la ornitofauna disminuye al no encontrar el alimento que conoce y al cual se encuentra adaptada. Es así que la diversidad combinada de flora nativa y flora exótica con aves depende de un equilibrio entre la riqueza y abundancia. Se ha observado que efectivamente, al aumentar la diversidad de flora nativa, aumenta su diversidad ornítica. Pero también se ha identificado que no solo el aumento en diversidad de flora nativa afecta positivamente a la diversidad ornítica, sino también el aumento de diversidad de flora exótica. Por tanto, debería llegarse a un equilibrio entre la diversidad de flora nativa con exótica, para así lograr una biodiversidad lo más sostenible posible.

De igual manera, se ha observado que no solo es la flora la que afecta la diversidad de aves, sino también la estructura de los parques, tanto a nivel de estratos (vertical) como de cobertura arbórea (horizontal). Por ejemplo, el parque Bicentenario actúa diferente a los otros dos de la Zona A (Fidel Anze y Lincoln) al ser un parque muy joven con poca cobertura arbórea y poca riqueza de flora nativa. Finalmente, la altura de dosel es un factor a tomar en cuenta. Los parques Fidel Anze y Lincoln no solo tienen gran altura de dosel, sino también tienen una cobertura arbórea significativa y su riqueza en cuanto a flora es la más alta (el máximo de todos los parques: 9 especies). Es así que se concluye que el manejo de áreas verdes en Cochabamba debe ser integral y holístico, no solo enfocado en las especies a cultivarse.

El comportamiento general de los gremios de aves ha demostrado que la flora nativa es clave para su diversidad pero también la flora exótica es necesaria para aumentar ciertos gremios en ciertos parques. Se espera que las especies omnívoras sean dominantes al ser las más adaptables al tipo de alimento. Al observar que existe un nivel tan alto de flora exótica, es entendible que algunas especies han logrado encontrar un alimento sustituto a lo que tenían en árboles y arbustos nativos. Las especies granívoras, especialmente de la familia Psittacidae, se benefician de la presencia de árboles como la Tipa y el Ceibo al ser su grano, flor y fruto suculentos. Sin embargo, la baja abundancia y riqueza de especies que obtienen alimento del néctar de flores, ya sea como único alimento u optativo, es debido a la falta de dicho recurso en los parques. Se observó más especies nectarívoras donde había cucarda (*H. rosa-sinensis*), la que aunque es proveniente de China, aporta valiosamente a la diversidad de este gremio. Por lo que se sugiere buscar especies arbóreas y arbustivas primeramente a nivel local (cuenca central de Cochabamba), luego a nivel regional (Provincia Biogeográfica Boliviano-Tucumana), luego a nivel nacional (otras provincias biogeográficas de Bolivia), y ya después especies de Sudamérica, y finalmente de otros continentes. Un ejemplo es la forestación urbana de la Zona D. En esta zona hay 3 árboles nativos locales que se puede usar: el Algarrobo (*P. alba*), la Jarka (*A. visco*) y el Molle (*S. molle*). Se

cometería un error en forestar solamente con estas especies, por lo que se puede buscar otras a nivel regional y nacional, y si no hubieran especies adaptables, entonces trabajar con especies de otros continentes como ser la Casuarina (*C. equisetifolia*). Este pensamiento holístico e integral asegura una mayor sostenibilidad para los parques urbanos de Cochabamba.

5 Conclusiones

Este trabajo ha recolectado información sobre los parques más significativos de la ciudad de Cochabamba con la finalidad de identificar la situación actual de éstos a nivel de ornitofauna, flora y a nivel paisajístico, a modo de sentar una línea base para poder tener las herramientas necesarias para decidir una mejor gestión y manejo de los parques urbanos y áreas verdes de esta ciudad. En base a estos datos se propone una forestación urbana acorde con los factores geoedáficos de la cuenca central de Cochabamba y con las especies utilizables pertenecientes a las series de vegetación potenciales de ésta. En otras palabras, se propone el uso de especies nativas locales en la forestación urbana. Pero también se sugiere forestar con especies exóticas, tomando en cuenta su origen y nivel de adaptabilidad. Esta forestación urbana va dirigida principalmente a la creación de nuevas áreas verdes y al mantenimiento y reestructuración de las existentes.

Primero, la zonificación geoedáfica propuesta se basa en 4 zonas: A (piedemonte alto), B (piedemonte bajo), C (planicie lacustre alta) y D (planicie lacustre baja). Se identificó que la zona D es la más vulnerable al prácticamente no tener áreas verdes. También se muestra que tiene condiciones más extremas que las demás zonas, pero igualmente se proponen especies arbóreas y arbustivas que pueden solucionar esta falta de pulmones purificadores para su población. Es así que las zonas donde se debe enfatizar una forestación de especies nativas son la B y D.

Segundo, las series de vegetación potencial por zona son la geoserie del Chilijchi en la zona A, la del Sauce de Humboldt en la B, la no salina del Algarrobo en la C y finalmente la salina del Algarrobo en la D. Se presentan 11 especies arbóreas, de las cuales se puede obtener la semilla para 7 en la BASFOR-Cbba. Siete especies son de crecimiento rápido (5-15 años). Se presentan 11 especies arbustivas, de las cuales solo se tiene semilla para una especie. Respecto a crecimiento, se sabe sobre 3 a grandes rasgos. Es necesario realizar estudios sobre rapidez de crecimiento y tipo de propagación en las especies arbustivas propuestas.

Tercero, la línea de base identificada en 10 parques representativos de la ciudad de Cochabamba ha lanzado los resultados de que un 81% de su flora es exótica (65% de otros continentes y 16% de Sudamérica), y un 19% es nativa (9% de la cuenca central de Cochabamba y 10% de Bolivia). La mayoría de las aves son

omnívoras y las más raras nectarívoras. La Zona C presenta mayor abundancia de flora nativa. Pero la Zona A es la que tiene mayor riqueza de flora nativa, aunque poco abundante. En términos de diversidad (Shannon) basada en una correlación de flora con aves, los parques más diversos son el parque Fidel Anze, parque Lincoln y parque Demetrio Canelas, tanto tomando en cuenta solo flora nativa como flora exótica y aves (excluyendo las dos exóticas: *Columba livia* y *Passer domesticus*). Esto demuestra lo presupuesto en este estudio, que a mayor diversidad de flora nativa, habrá mayor diversidad de aves. También muestra que debe existir un equilibrio en la diversidad de flora nativa con la exótica para mantener una alta diversidad de aves, especialmente tomando como ejemplo el Prado, el cual es poco rico, poco abundante y por tanto, poco diverso tanto en flora nativa como flora exótica, y consecuentemente en aves. El hecho de que estos parques fueron los más diversos no fue solo por su flora, sino también por factores como la altura de dosel, la estratificación vertical y horizontal de los parques y la edad de estos. Sin embargo, queda para estudios futuros investigar el papel que tiene la flora exótica en parques urbanos: servirá solo como refugio o más bien brindará alimento.

Aunque muchos gremios se adaptan a lo existente en los parques urbanos, se debe brindar mayor diversidad de espacios para otros gremios que son igualmente importantes para la biodiversidad urbana. Esto quiere decir trabajar los parques a nivel de estratos (vertical) y cobertura arbórea (horizontal). También se debe tomar en cuenta que especies arbóreas y arbustivas nativas de la cuenca central de Cochabamba serían más sostenibles en la forestación de áreas verdes al estar mejor adaptadas a las condiciones geodáficas y disponibilidad hídrica. Sin embargo, también es necesario tener parques heterogéneos, por lo que se propone escoger especies a partir de lo local hacia lo regional, nacional, sudamericano y finalmente, especies de otros continentes. Al seguir esta lógica, se asegura que las aves, al ser de distribución amplia (muchas a nivel de Sudamérica), obtengan alimento propio de su hábitat natural. Ahora, con una zonificación clara, las especies a arborizar son más fáciles de identificar. Finalmente, se ha comprobado que la presencia de flora nativa afecta directamente al tipo de gremio de aves presentes. Al contrario del paradigma de que la flora nativa requiere mayor manejo, en realidad ésta es más adaptable a su propio hábitat.

Agradecimientos

Se agradece al equipo de trabajo de la revista ACTA NOVA de la Universidad Católica Boliviana “San Pablo” por brindarme un espacio de publicación en su distinguida revista. Agradezco al comité editor por su tiempo en las correcciones y sugerencias aportadas a mi artículo (Ph.D. E.A. Morales e Ing. S.F. Rivera). Agradezco en especial a Ph.D. G. Navarro por haberme permitido trabajar junto a

él durante mi tesis de licenciatura en Ciencias Ambientales, compartiendo información y experiencias únicas y trascendentales. Agradezco por su tiempo y aportes a MSc. M. Atahuachi y MSc. J.A. Balderrama. También agradezco el aporte de información clave para este estudio de forma desinteresada de parte de: Arq. F. Vargas (PROGEO), MSc. N. Zambrana, Ing. Y. Torrico, Arq. M.R. Marañón, MSc. R. Vargas, SERGEOTECMIN, Herbario Nacional Martín Cárdenas, Ing. J. Fernández (EMAVRA) y MSc. J. C. Pérez.

Referencias

- [1] Ahern, J. & Boughton, J. 1994. *Wildflower meadows as sustainable landscapes*. In: Platt, R.H.; Rowntree, R.A. & Muick, P.C. (Eds). *The Ecological City*. The University of Massachusetts Press. Amherst. pp. 172-187.
- [2] Alanís, G. 2005. *El Arbolado Urbano en el Área Metropolitana de Monterrey*. Universidad Autónoma de Nuevo León. *Revista Ciencia UANL* 8(001): 20-32.
- [3] Balderrama, J.A. & Arias, S. 2000. *Guía Ilustrada de Campo: Las Aves de la Laguna Alalay y Alrededores*. Universidad Mayor de San Simón. Cochabamba. 75 pp.
- [4] Balderrama, J. A.; Crespo, M. & Aguirre, F. 2009. *Guía ilustrada de campo de las aves del Parque Nacional Tunari*. Centro de Biodiversidad y Genética, UMSS. Cochabamba. 208 pp.
- [5] Barcená, A. 2001. *Evolución de la Urbanización en América Latina y el Caribe en la Década de los noventa: Desafíos y oportunidades*. *Revista ICE*. 790 (Febrero-Marzo): 51-61.
- [6] BRGM-SEURECA-SOGREAH. 1994a. *Mapa hidrogeológico del Valle Central de Cochabamba. Escala 1:250000. Estudio de Recursos subterráneos. Macromedición y reducción de pérdidas de agua cruda y plan maestro de telemetría para la ciudad de Cochabamba*. SEMAPA. Informe no publicado. Tomos 1-4. En: Huaranca, R & C, Neumann-Redlin. *Mapas Temáticos de Recursos Minerales de Bolivia*. Hoja Cochabamba. Escala 1:250000. Boletín del Servicio Nacional de Geología y Minería. 16 pp.
- [7] BRGM-SEURECA-SOGREAH. 1994b. *Mapa hidroquímico del Valle Central de Cochabamba. Escala 1:250000. Estudio de Recursos subterráneos. Macromedición y reducción de pérdidas de agua cruda y plan maestro de telemetría para la ciudad de Cochabamba*. SEMAPA. Informe no publicado. Tomos 1-4. En: Huaranca, R & C, Neumann-Redlin. *Mapas Temáticos de Recursos Minerales de Bolivia*:

- Hoja Cochabamba. Escala 1:250000. Boletín del Servicio Nacional de Geología y Minería. 16 pp.
- [8] Braun-Blanquet, J. 1979. *Fitosociología. Bases para el Estudio de las Comunidades Vegetales*. 3ra Edición. Ed. Blume. Madrid. 820 pp.
- [9] Campbell, N.A. & Reece, J.B. 2007. *Biología*. 7ma Edición Médica Panamericana. Madrid. 1532 pp.
- [10] Capitanachi, M.; Utrera, E. & Smith, C. 2004. *El Bosque Urbano de Xalapa, Veracruz*. Instituto de Ecología, Universidad Veracruzana, SIGOLFO y CONACYT. Veracruz. 117 pp.
- [11] CCEIM; Fundación CONAMA & OSE. 2009. *Cambio Global España 2020/50. Programa Ciudades: Hacia un pacto de las ciudades españolas ante el cambio global*. Centro Complutense de Estudios e Información Medioambiental. España. 218 pp.
- [12] CEPAL-CELADE. 1999. *América Latina: proyecciones de población urbana y rural: 1970-2025*. Comisión Económica para la América Latina y Centro Latinoamericano y Caribeño de Demografía. Boletín Demográfico. Santiago de Chile 32 (63).
- [13] Chanes, R. 1979. *Deodendron: Árboles y arbustos de jardín en clima templado*. 2da Edición. Editorial Blume. Barcelona. 547 pp.
- [14] Dallas Water Utilities. 2007. *Conservando el agua: ¿cómo aborrar agua al aire libre?* Dallas Water Utilities Department. Dallas. 11 pp.
- [15] de la Barra, N. 1998. *Reconstrucción de la vegetación original de la ciudad de Cochabamba*. Revista Boliviana de Ecología y Conservación Ambiental. 4: 3-37.
- [16] de la Hera, I.; Unanue, A. & Aguirre, I. 2009. *Effects of area, age and vegetation cover on breeding avian species richness in urban parks from Victoria-Gasteiz*. Munibe 57: 195-206.
- [17] Erskine, A. 1992. *A ten-year urban winter bird count in Sackville, New Brunswick*. Canadian Field-Naturalist 106(4): 499-506.
- [18] Feinsinger, P. 2003. *El Diseño de Estudios de Campo para la Conservación de la Biodiversidad*. Editorial FAN. Santa Cruz de la Sierra. 242 pp.
- [19] Fernández-Juricis, E. 2001. *Avian spatial segregation at edges and interiors of urban parks in Madrid, Spain*. Biodiversity and Conservation 10: 1303-1316.
- [20] Garitano-Zavala, A. & Gismondi, P. 2003. *Variación de la riqueza y diversidad de la ornitofauna en áreas verdes urbanas de las ciudades de La Paz y El Alto (Bolivia)*. Ecología en Bolivia 38(1): 65-78.

- [21] Hinsley, S.A.; Bellamy, P.E.; Newton, I. & Sparks, T.H. 1995. *Habitat and landscape factors influencing the presence of individual bird species in woodland fragments*. Journal of Avian Biology 26: 94:104.
- [22] Honorable Municipalidad de Cochabamba. 1999. *Plano General de la Ciudad de Cochabamba. Escala aproximada 1:16000*.
- [23] Honorable Municipalidad de Cochabamba. 2010a. *Mapa 6: Pendientes de suelo. Escala 1:90000*. Plan Municipal de Ordenamiento Territorial.
- [24] Honorable Municipalidad de Cochabamba. 2010b. *Mapa 10: Pedregosidad del suelo. Escala 1:90000*. Plan Municipal de Ordenamiento Territorial.
- [25] Hutcheon, R.J.; Johnson, R.H.; Lowry, W.P.; Black, C.H. & Hadley, D. 1967. *Observations of the urban heat island of a small city*. Bulletin of the American Meteorology. Society 48: 7-9.
- [26] Jiménez, F. & Mendoza, R. 2010. *Aves urbanas en ciudad universitaria de la BUAP*. Elementos. Benemérita Universidad de Puebla. Puebla 79 (17): 23-27.
- [27] Lowry, W.P. 1967. *The Climate of Cities*. W.H. Freeman and Company. Scientific American. Volume 1215. 12 pp.
- [28] Magurran, A. E. 1989. *Diversidad Ecológica y su Medición*. Ediciones Vedral. Barcelona. 200 pp.
- [29] Naciones Unidas. 2000. *World Urbanization Prospects. The 1999 Revision*. Documento de trabajo. Nueva York. 14 pp.
- [30] Navarro, G. 2011. *Clasificación de la Vegetación de Bolivia*. Editorial Centro de Ecología Difusión Simón I. Patiño. Santa Cruz de la Sierra. 713 pp.
- [31] Navarro, G. & Ferreira, W. 2009. *Mapa Biogeográfico de Bolivia. Escala 1:7.000.000*. Rumbol.
- [32] Orive, L.A. 2009. *Biodiversidad y Biocapacidades urbanas*. Apartado 2,8 del Capítulo 2: La ciudad Española ante el cambio global: Temas claves. CCEIM, Fundación CONAMA y OSE. Centro Complutense de Estudios e Información Medioambiental. España. 218 pp.
- [33] Pérez, H. 2000. *Los espacios verdes urbanos de la ciudad de Cochabamba. Disposición y gestión*. CESU-UMSS. Tesis de maestría. En: Calisaya, V.H. Cochabamba. 3 pp.
- [34] Pinowski, J.; Romanowski, J.; Barkowska, M.; Sawicka-Kapusta, K.; Kaminski, P. & Kruszewicz, A. 1993. *Lead and cadmium in relation to body weight and mortality of the house sparrow *Passer domesticus* and tree sparrow *Passer montanus* nestlings*. Acta Ornithologica Warsaw 28(1): 63-68.

- [35] Promic. 2006. *Valorización de servicios ambientales como un mecanismo de promoción del desarrollo rural sostenible en las zonas altas de cuencas de la región andina; Caso Cochabamba, Bolivia, cuencas Pajcha, Pintu Mayu y Khora Tiquipaya*. Programa Manejo Integral de Cuencas. Cochabamba. 23 pp.
- [36] Ramos, J. 2005. *El papel del sistema de espacios verdes en la multifuncionalidad del paisaje urbano. aplicación al área metropolitana de Sevilla*. X Coloquio Ibérico de Geografía: "A Geografía Ibérica no Contexto Europeu" Évora, Universidade de Évora. 22 a 24 de Septiembre. Sevilla. 15 pp.
- [37] Rivas – Martínez, S. 1997. *Clasificación Bioclimática de la Tierra*. Folia Botánica Matritensis 16: 1-29.
- [38] Rodríguez, L.; López, E. & Goicochea, T. 2009. *La necesidad de una correcta gestión ambiental urbana para la localidad*. Delos 2(4): 1-12 p.
- [39] Root, R.B. 1967. *The niche exploitation pattern of the blue-gray gnatcatcher*. Ecological Monographs 37: 317-350.
- [40] Selem, H. 1989. *Problems and Programmes concerning the use and the education about the urban green areas: The case of Rome*. Seminario Internacional sobre el uso, tratamiento y gestión del verde urbano. MAB-UNESCO AURYN S.A. Madrid. 36 pp.
- [41] SEMA-EMS. 1999. *Sistema de control atmosférico de la ciudad de Cochabamba*. Secretariado de manejo del Medio Ambiente para América Latina y el Caribe. SEMA. Montevideo. 67 pp.
- [42] SENAMHI. 2003. *Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología. Base de Datos*. Sistema de Procesamiento de Datos Meteorológicos. Bolivia.
- [43] Stork, N.E.; Boyle, T.J.B.; Dale, V.; Eeley, H.; Finegan, B.; Lawes, M.; Manokaran, N.; Prabhu, R. & Soberón, J. 1997. *Criteria and indicators for assessing the sustainability of forest management: conservation of biodiversity*. CIFOR. Working Paper No. 17. Bogor. 29 pp.
- [44] Telleria, J.L.; Santos, T. & Suarez, F. 1983. *The use of line transects in the study of Iberian habitats. Advantages and drawbacks*. Proc. VII International Conference of Bird Census Work. Ed. F. J. Purroy. pp. 70-78.
- [45] Velásquez, L. 1996. *Gestión urbana en ciudades medianas seleccionadas en América Latina, caso Manizales*". CEPAL. Manizales. 83 pp.
- [46] Villarreal H.; Álvarez, M.; Córdoba, S.; Escobar, F.; Fagua, G.; Gast, F.; Mendoza, H.; Ospina, M. & Umaña, A.M. 2006. *Manual de métodos para el desarrollo de inventarios de biodiversidad*. Segunda Edición. Programa de

Inventarios de Biodiversidad. Instituto de Investigación de Recursos
Biológicos Alexander von Humboldt. Bogotá. 236 pp.

- [47] Wood, J. 2008. *A revision of Tecoma juss (Bignoniaceae) in Bolivia*. Botanical Journal of the Linnean Society 156: 143-172.
- [48] Yunen, R. 1997. *Guía metodológica de capacitación en gestión ambiental urbana para universidades de América Latina y el Caribe*. Editorial CEUR/PUCMM. República Dominicana. 206 pp.