

Relevamiento de flora del área protegida Bosque de Bolognia para la obtención de un índice de diversidad Shannon Wiener a través de una aplicación móvil

Flora survey of the protected area Bolognia's forest to obtain a Shannon Wiener diversity index through a mobile application

Samir Josue Flores Miranda¹
samirfmiranda@hotmail.com

Instituto de Investigaciones en Ciencia y Tecnología, Universidad La Salle - Bolivia



Resumen

La obtención de alimentos, agua potable y las necesidades básicas para la vida dependen del correcto funcionamiento de los ecosistemas, las tendencias actuales del accionar humano han acelerado el ritmo de la pérdida de biodiversidad, dándole mayor importancia a su protección y generando la necesidad de realizar estudios relevantes que permitan el desarrollo natural de los mismos, es así que la presente investigación tiene por objetivo determinar la diversidad florística y la equitabilidad de especies de la zona colindante con el Sector "A" Alto Obrajes del área protegida Bosque de Bolognia, a través de un estudio de tipo descriptivo con un enfoque cuantitativo de diseño tipo ex post facto transversal, con una superficie de 7122 metros cuadrados, a través del índice de biodiversidad Shannon-Wiener, aplicado en 12 cuadrantes seleccionados a partir de un muestreo probabilístico de tipo sistemático. Se realizó un inventariado de los elementos florísticos en la muestra a través de la aplicación móvil BIO-D, obteniendo un índice de 3.34147788 sobre un máximo de 3.80666249 y una equitabilidad de 0.87779725 en un total de 536 registros pertenecientes a 45 especies y 18 familias, representando un buen grado de biodiversidad debido a las abundancias relativas similares en los cuadrantes por la equitabilidad calculada.

Palabras clave

Aplicación móvil, Área protegida, Biodiversidad, Equitabilidad, Índice Shannon-

¹ Samir J. Flores Miranda, Licenciado en Ingeniería de Sistemas de la Universidad La Salle Bolivia

Wiener, Muestreo por cuadrantes.

Abstract

Obtaining food, drinking water and basic necessities for life depend on the correct functioning of ecosystems, current trends in human actions have accelerated the rate of biodiversity loss, giving greater importance to their protection and generating the need to carry out relevant studies that allow its natural development, at that time this research objective is to determine the floristic diversity and the equitability of species from the area adjacent to Sector “A” Alto Obrajes of the protected area Bologna’s Forest, through a descriptive study with a quantitative approach and an ex post facto transversal design with an area of 7122 square meter, through the Shannon-Wiener biodiversity index, applied in 12 selected quadrants from a systematic probabilistic sampling, an inventory of the floristic elements in the sample was made through the BIO-D mobile application, obtaining an index of 3.34147788 over a maximum of 3.80666249 and an equitability of 0.87779725 in a total of 536 records belonging to 45 species and 18 families, representing a good degree of biodiversity due to its similar relative abundances in the quadrants by the calculated equitability.

Keywords

Mobile application, Protected Area, Biodiversity, Equitability, Shannon-Wiener index, Quadrants sampling.



Introducción

Los estudios referentes al medio ambiente han tomado fuerza los últimos años, con el fin de encontrar soluciones a los problemas ecológicos latentes que afronta nuestro planeta. Tales estudios son promovidos por la importancia de la preservación y conservación del medio ambiente, incentivando al cuidado de la ecología y al uso responsable de los recursos naturales.

Uno de los principales problemas medioambientales es la pérdida de diversidad biológica, la cual ha llegado a significar incluso la extinción de ciertas especies, como consecuencia del cambio climático y principalmente

del accionar del ser humano, ya sea directa o indirectamente. Cada especie cuenta con información genética única, recurso insustituible producto de millones de años de evolución que, a pesar de nuestros escasos conocimientos, tiene un enorme potencial, razón por la cual no puede permitirse su pérdida.

Es así, que se han generado una serie de estrategias con el fin de proteger el medio natural, procurando la preservación y conservación de la vida y la biodiversidad existente.

El establecimiento de áreas protegidas es una alternativa amigable con el medio ambiente para la conservación estricta de especies. Sin embargo, para su correcta implementación y funcionamiento debe representar la mayor cantidad de biodiversidad posible, salvaguardando su integridad y protegiéndola de agentes externos, siendo imperativo realizar una serie de estudios que comprueben este estado. Con este fin, es necesario recopilar, documentar y clasificar información relevante para su posterior análisis, tomando en consideración no sólo la cantidad de especies o su interés ecológico, es preferible proteger un espacio que posee un número mayor de especies, pero también aquel que contiene más especies con poblaciones escasas y con una distribución geográfica reducida.

Analizar la biodiversidad de un área en su totalidad implica un gran trabajo y mucho tiempo, para lo cual es necesario realizar un muestreo de la población que se desea estudiar, obteniendo así, información relevante de la misma con menor cantidad de recursos (Moreno, 2001). Actualmente existen varias técnicas de estudio que persiguen este objetivo, como es el relevamiento de especies por cuadrantes, la cual permite un estudio riguroso y específico por especie. Donde, a pesar de la exactitud de resultados que puedan brindar estos estudios, su principal problema radica en la ejecución de los mismos, ya que requieren de mucho tiempo y esfuerzo para su ejecución.

Así surge la necesidad de implementar herramientas que faciliten y potencien el alcance de estos estudios, permitiendo que puedan realizarse

en mayor medida y aprovechen recursos tecnológicos actuales.

Objetivos

Objetivo General

Determinar la diversidad florística de la zona colindante con el sector A alto obrajes del Área protegida Bosque de Bolognia, a través de la aplicación móvil Bio-D

Objetivos Específicos

- Realizar una base de datos con todos los elementos de flora registrados en el área de estudio
- Definir el método de muestreo aplicado para cuantificar los resultados
- Analizar los resultados de la investigación mediante el índice de Shannon Wiener para verificar la variedad de especies vegetales y su equitabilidad.

Referentes conceptuales

Biodiversidad

El término diversidad es una condición de la variedad o diferencia entre miembros de una colección. En octubre de 1986, Walter G. Rosen propone el término “Biodiversidad” como una contracción de la expresión “Diversidad Biológica” en la conferencia denominada “Foro nacional de biodiversidad” (McNaughton & Woef, 1979, p. 702). Dicho termino hace referencia a la amplia diversidad de seres vivos sobre la tierra, la variedad biológica de los mismos y al número de poblaciones de organismos y especies distintas existentes.

Abarca a la diversidad de especies de plantas, animales, hongos, microorganismos, a su variabilidad genética y al ecosistema al que pertenecen. Además de los procesos ecológicos y evolutivos dados a nivel

de genes, especies, ecosistemas, paisajes y su interacción con el aire, agua y suelo que los rodean.

Según Dorado (2010), se distinguen tres niveles en el estudio de la biodiversidad:

- Genético: diferencias dentro de cada especie que permiten la combinación de múltiples formas de vida.
- Eco sistémico: diversidad de las comunidades biológicas.
- Interactivo: con el resto del entorno, que fundamenta el sustento de la vida.

Por tanto, el término comprende desde la variabilidad en el contenido genético de los individuos y las poblaciones, el conjunto de especies que integran grupos funcionales y comunidades completas, hasta el conjunto de comunidades de un paisaje o región (Moreno, 2001). Oberhuber (2010) menciona que se han determinado científicamente cerca de 1.7 millones de especies alrededor del mundo, de las cuales se conocen 270.000 especies vegetales y se estima la existencia de 14 millones aun no identificadas.

La diversidad biológica existente es el resultado de un complejo e irreplicable proceso evolutivo de miles de millones de años, según procesos naturales y también de la influencia creciente de las actividades del ser humano. A través del estudio mismo de los organismos vivientes, se ha llegado a la conclusión de que dichos seres no se hallan distribuidos al azar, ya que existen patrones determinados en la distribución de especies, géneros, familias, etc., denotando una historia evolutiva diferente y única, de acuerdo a las condiciones en las que se han desarrollado (McNaughton & Woelf, 1979, p. 710).

La biodiversidad desempeña un papel muy importante para la subsistencia del ser humano ya que es la base de los bienes que proporcionan los ecosistemas, brindando una serie de servicios entre los que destacan la purificación del aire y agua, la polinización, la regulación de plagas, entre otros (Dorado, 2010). La ausencia o escases de alguno de ellos llevaría a

una catástrofe masiva en el medio natural. También es una pieza clave en la valorización económica de los estados, determinando el “valor de la naturaleza” como capital humano, social y natural.

Es así que, además de su valor intrínseco, la biodiversidad es fundamental para la existencia del ser humano y usada de un modo sostenible, podría ser una fuente ilimitada de recursos al servicio de las comunidades. Está ligada a la salud y el bienestar de las personas, y constituye una de las bases del desarrollo social y económico.

El estudio de la diversidad ha proporcionado una serie de herramientas de medida, pero la medición de la biodiversidad es una tarea que necesita herramientas capaces de medir la variación de “atributos biológicos” a una escala espacial, entre otras, y una metodología capaz de enlazar y combinar los conocimientos de distintas disciplinas (Moreno, 2001).

Cuantificación de la biodiversidad

La diversidad es una variable nominal, las categorías son las especies y por lo tanto el único valor de tendencia central que puede obtenerse es la moda, siendo imposible calcular un promedio o una mediana. Según Mostacedo y Fredericksen (2000) este atributo se compone de dos características:

- Riqueza de especies: es el número de especies presentes en una comunidad
- Equitabilidad: describe cómo se distribuye la abundancia o riqueza entre las especies que integran la comunidad.

La biodiversidad es un concepto impreciso para cuyo cálculo no existe unidad de medida universal, lo cual dificulta su valoración (Moreno, 2001). Para el estudio de una comunidad biológica, es importante reconocer qué elementos o entidades la componen. La realización de inventarios facilita describir y conocer la estructura y función de diferentes niveles jerárquicos en un ecosistema (Álvarez, y otros, 2006).

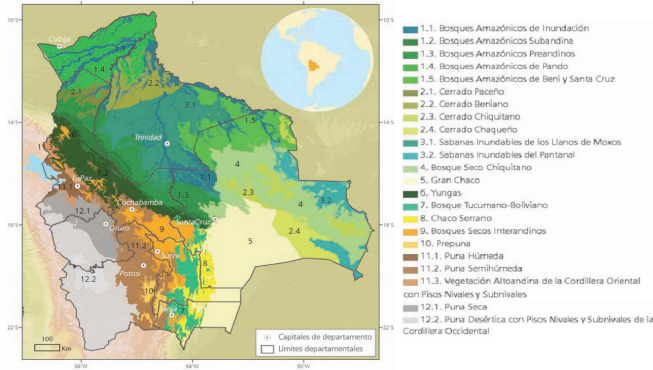
Biodiversidad en Bolivia

El conjunto de los seres vivos que habita un país constituye un patrimonio insustituible ya que cada especie alberga en su genoma la información de millones de años de adaptaciones evolutivas (Moreno, 2001).

Las regiones biogeográficas suelen ser divididas en función de la identidad de sus biotas y de la presencia de endemismos, en Bolivia está presente la región Neo-tropical, con tres dominios biogeográficos: Amazónico, Chaqueño y Andino-Patagónico (López, 2015). En cuanto a riqueza biológica, Bolivia ocupa el octavo lugar a nivel mundial, su gradiente altitudinal fluctúa entre los 130 y 6.542 msnm, con una superficie total de 1.098.581 km², permitiendo la existencia de una amplia variedad de regiones ecológicas que a su vez albergan una gran diversidad biológica. Presenta 4 biomas, 12 ecorregiones y 23 sub ecorregiones (ver figura 1), entre los que destacan: bosques Interandinos, Yungas, Gran Chaco y Amazonía, dada su alta diversidad de especies y sus valores elevados de riqueza de endemismos (Ibisch, Araujo, & Nowicki, 2007).

Los bosques bolivianos representan aproximadamente el 3,5% de los bosques tropicales del mundo, además, se encuentra entre el 35 y 45% de toda la diversidad biológica mundial (Sánchez, 2016). Esta gran diversidad se debe a la posición que ocupa en el trópico y las fuertes variaciones en topográficas en su territorio, que crean una gran variedad de ecosistemas desde paisajes montañosos en los Andes, los densos bosques lluviosos en el Amazonas y hasta los bosques secos del Chaco. (Loza, Moraes R, & Jorgensen, 2010).

Figura 1: Ecoregiones de Bolivia



Fuente: Ibisch et al. (2003)

En Bolivia habitan alrededor de 1415 especies de aves, 306 especies de reptiles, 254 especies de anfibios, 20.000 especies de plantas (de las cuales más de 3000 variedades son medicinales), y cerca de 2600 especies animales silvestres. Es así que es uno de los países considerados mega diversos, los cuales representan al rededor del 10% de la comunidad mundial, pero a su vez alojan entre un 60 a 70% de las especies endémicas existentes (Aguirre, et al., 2009).

Biodiversidad de La Paz

El valle de La Paz ocupa una superficie de aproximadamente 1500 km², ubicado en la parte centro oeste de Bolivia, cuenta con una variación altitudinal que oscila entre los 3300 y más de 5000 msnm favoreciendo la conformación de diversos ambientes naturales y microclimas, que determinan una estructura variada en los diversos componentes del ecosistema (B. de Morales, et al., 1997). El valle de La Paz se encuentra dentro de los Andes tropicales centrales, donde los ecosistemas tropicales alpinos (es decir, aquellos cuya altura supera los 3200 msnm, también denominados Altimontanos) son los más desarrollados. Estos ecosistemas poseen alta riqueza de plantas, 1348 especies de plantas vasculares, 938 especies nativas y 410 especies introducidas (Moya, Meneses, & Sarmiento,

2017). Comprende dos dominios: Chaqueño y Andino-Patagónico, además de tres provincias: Puna, Altoandina y Chaqueña (Cabrera & Willink, 1973).

La vegetación de La Paz se caracteriza por formaciones arbustivas como *Dunalia brachyacantha*, rosetas basales como las del género “Puya”, plantas en forma de cojín como *Pycnophyllum molle* y *Distichia muscoides* y también pequeños árboles como *Polylepis pacensis* y *Buddleja coriacea*. En la Puna, las familias más importantes son las poáceas (gramíneas), las asteráceas, las solanáceas y las leguminosas (Moya, Meneses, & Sarmiento, 2017). Según López (2015) mencionan que: “Entre los géneros de plantas endémicas se encuentran *Oreocereus* (Cactaceae), *Lampaya* (Verbenaceae), *Chuquiraga* (Asteraceae), *Polylepis*, *Tetraglochin* (Rosaceae), *Anthochloa*, *Aciachne* (ambas Poaceae) *Werneria* (Asteraceae)” p.64-65. La conservación de especies endémicas es imperativa para la conservación adecuada de los ecosistemas, siendo componentes irremplazables para los mismos.

Área Protegida Bosque de Bolognia

La reciente intensificación de las actividades humanas en los ecosistemas, entre ellas el cambio de uso de tierras, constituye una gran amenaza para la conservación de la biodiversidad. Dichas actividades pueden ser clasificadas en dos tipos: actividades locales, con efectos directos sobre los ecosistemas, y actividades a nivel mundial con efectos indirectos como el cambio climático.

Uno de los principales retos que afrontamos como seres humanos, es la protección, conservación y preservación de la biodiversidad, cuya pérdida ha llegado a generar alteraciones en el medio que nos rodea, principal resultado de la deforestación. Por tanto, debe abordarse desde una perspectiva global, considerando a todos los actores sociales y sectores económicos. La biodiversidad se está perdiendo a un ritmo sin precedentes, y a pesar de que en las últimas décadas se ha avanzado en su conservación a escala global, el riesgo de extinción de las especies es cada vez más crítico. Es por tanto preciso un cambio de los modelos de desarrollo y consumo

para avanzar hacia una economía verde y sostenible (Contreras-Hermosilla & Vargas Ríos, 2002).

Con el fin de implementar medidas sobre lo anteriormente mencionado, nace el área protegida Bosque de Bolognia, se encuentra en el departamento de La Paz, Provincia Murillo, recorre de forma periférica una gran cantidad de barrios de la urbe paceña, entre ellos: Bolognia, Caliri, Kupini, Villa Armonía, Alto Obrajes sector A y B, Kollpajahuirra, Huanu Huanuni y Bella Vista con un total de 230 ha de extensión. Declarada como patrimonio natural, paisajístico del Municipio de La Paz junto a otras 26 áreas y sitios por la ordenanza Municipal N°259/2015 aprobada por el Gobierno Autónomo Municipal de La Paz (Ordenanza Municipal G.A.M.L.P., 2015).

Las montañas que la componen, se alzan hasta 200 metros en los extremos norte y sur, y representa un sector inhabitable para el ser humano debido a la inestabilidad geológica existente. Es notable la presencia de animales endémicos en la zona, testimonios y estudios científicos corroboran la existencia de la vida silvestre con fauna y flora típica de La Paz y única en el mundo.

Figura 2: Área protegida Bosque de Bolognia



Fuente: Elaboración propia en base a delimitación del A. P. Bosque de Bolognia propuesta por Miranda (Proyecto de investigación para la declaración de area protegida mediante ley al Bosque de Bolognia, 2017, pp. 11-14).

Alberga más de 70 especies de aves, seis tipos de reptiles incluyendo una especie endémica, al menos cien tipos de insectos, además, cuenta con poblaciones de murciélagos endémicos de La Paz que se alimentan con flores disponibles para la fauna nocturna y las denominadas Vizcachas. En cuanto a vegetación, se encuentra al menos una centena de especies, como puyas, briofitas, hongos, líquenes, orquídeas, gramíneas y bromelias (Miranda, 2017).

Pocos ciudadanos imaginarían que existen ecosistemas importantes que los rodean inmediatamente y tienen influencia sobre la propia ciudad, es por ello que generar información fiable y precisa es imperativo, para educar e incitar a la conservación, buscando que la población minimice el impacto de sus actividades sobre el medio ambiente y reconozca el valor

y relevancia que tienen los servicios de eco sistémicos para su desarrollo y bienestar (Garitano, Salazar, Campos, Da Silva, & Zegarra, 2016). El establecimiento de áreas protegidas para la conservación que integren el uso con fines recreacionales es una forma interesante en que se puede promover la conservación de un sitio, al mismo tiempo de ofrecer una alternativa de actividad a la población. En el A. P. Bosque de Bologna se aplica actualmente este concepto, tratando de evitar y reducir los impactos negativos que pudiera tener esta actividad. Detectar especies y ecosistemas poco tolerantes a la presencia humana, y desarrollar prácticas de manejo ecológicamente sensibles es el nuevo reto en la preservación y conservación de las áreas protegidas.

Materiales y métodos

La presente investigación es de tipo descriptivo con un enfoque cuantitativo, puesto que tiene el propósito de describir la realidad por la que atraviesa el área de estudio (Salkind, 1998) midiendo su población florística y su equitabilidad. Por lo tanto, se trata de un diseño de tipo ex post facto transversal debido a que se realizara una única medición según una distribución por cuadrantes en un determinado tiempo.

Muestra

Para el presente estudio se realizó un muestreo en un total de 12 cuadrantes ubicados en una superficie de 7122 metros cuadrados a lo largo de 467 metros de distancia, seleccionados a partir de una muestra probabilística de tipo sistemática, que consiste en dividir el área de estudio en una serie de cuadrantes con dimensiones semejantes (Salkind, 1998). Este muestreo es conveniente en este tipo de estudios ya que facilita su implementación, permite un manejo de datos descentralizado y representativo, reflejando con fidelidad los datos encontrados en la zona de estudio. Posteriormente se escoge al azar un cuadrante inicial a partir del cual se suma una distancia constante hasta el próximo cuadrante; los cuadrantes seleccionados pasan a formar parte de la muestra.

El muestreo por cuadrantes es uno de los más utilizados debido a que obtiene muestreos más homogéneos, se coloca un cuadrado sobre la vegetación para medir su densidad, cobertura y frecuencia. Los cuadrantes pueden ser utilizados para muestrear cualquier clase de plantas. Para vegetación herbácea, el tamaño del cuadrante puede ser de 1 m² y para bejucos o arbustos el tamaño puede ser de 4 m² a 16 m². (Mostacedo & Fredericksen, 2000). El número de réplicas necesario se puede calcular a través de modelos matemáticos como el que se especifica a continuación:

$$M = a + b(T)$$

Donde:

M = Tamaño de la muestra (ha)

T = superficie total a evaluar del área del proyecto (ha)

a = 5

b = 0.001

Instrumentos

Para alcanzar los objetivos propuestos, se realizó un inventario de la flora existente en el área mencionada a través de la aplicación Bio-D, para posteriormente analizar los datos mediante el índice de diversidad Shannon-Wiener. A continuación, se describe las siguientes herramientas de estudio:

Índice de Shannon-Wiener

Shannon-Wiener es uno de los índices más populares entre ecólogos y biólogos. Mide el grado promedio de incertidumbre en predecir a que especie pertenecerá un individuo escogido al azar de una colección (Valdivia, 1998). Se basa en la teoría de la información, mide el contenido de información por individuo en muestras obtenidas al azar provenientes de una comunidad de la que se conoce el número total de especies S., asume que los individuos son seleccionados al azar y que todas las especies están representadas en la muestra (Jost & González Oreja, 2012).

Expresa la uniformidad de los valores de todas las especies en la muestra, midiendo la incertidumbre de predecir la especie de un individuo escogido al azar (Moreno, 2001). Adquiere valores entre 0, cuando hay una sola especie, y el logaritmo de S, cuando todas las especies están representadas por el mismo número de individuos (Krebs, 1995). El valor máximo suele estar cerca de 5, pero un ecosistema excepcionalmente rico podría superar este valor. Es importante, además, determinar si las abundancias relativas de la muestra son similares, a través del cálculo de su equitabilidad.

$$p_i = \frac{n_i}{N}$$
$$H' = - \sum_{i=1}^s (p_i \times \log_2 p_i)$$
$$E = \frac{H'}{\ln S}$$

Dónde:

H' = Índice de Shannon-Wiener

S = número de especies (riqueza de especies)

Pi = proporción de individuos de la especie i respecto al total de individuos

ni = Número de individuos de la especie i

N = Número de todos los individuos de todas las especies

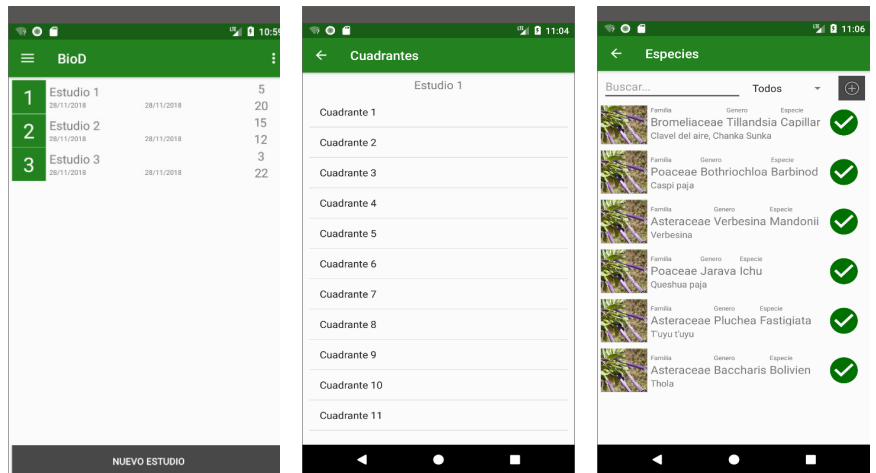
E = Índice de equitabilidad

Bio-D

Es una aplicación orientada al registro y gestión de información obtenida en estudios de relevamiento de flora, cuenta con una base de datos que incluye una serie de especies previamente avistadas en el valle de La Paz, lo que facilita la documentación de una aparición de la misma en el desarrollo del estudio. La información se administra según 3 niveles, primero, nivel de usuario, quien es el único capaz de visualizar los

estudios que ha creado, permitiendo así, tener más de un usuario en un mismo dispositivo; segundo, nivel es de estudio, el cual permite registrar información general del inventario objetivo; tercero, nivel es de cuadrantes, en el cual se realizan todos los registros de las especies encontradas, en caso de que la especie requerida no exista en la base de datos, puede registrarse junto a sus características principales. La base de datos sirve de guía para la identificación de las especies florísticas que contiene, ya que además de una descripción general, cuenta con imágenes que permiten una comparación con el elemento que se trata de identificar (ver figura 3).

Figura 3: Aplicación móvil BIO-D



Fuente: Flores (2018)

Herramientas de Software

Las metodologías de desarrollo de software, en general se clasifican según su enfoque y sus principales características (portabilidad, mantenibilidad, funcionalidad y fiabilidad), teniendo un papel importante en el desarrollo del mismo (Avison & Fitzgerald, 2006). están formadas por distintas fases, que pueden ser divididas en sub-fases, con el fin de servir de guía para los desarrolladores, ayudando así a elegir las técnicas más apropiadas en

cualquier momento del proyecto, a planificarlo, gestionarlo, controlarlo y evaluarlo.

A principios de este siglo surgen las denominadas metodologías ágiles, manifestándose como una alternativa a las tradicionales. Derivan de la lista de los principios que se encuentran en el “Manifiesto ágil” publicado en el 2001 por diecisiete desarrolladores de software, basados en un desarrollo iterativo e incremental. Esta metodología busca capturar mejor los requisitos cambiantes y la gestión de los riesgos, rompiendo el proyecto en iteraciones de diferente tamaño donde un producto se construye bloque a bloque durante todo su ciclo de vida, donde todas las iteraciones individuales deben producir algún entregable completamente funcional en el menor tiempo posible (Amaya Balaguera), su principal objetivo es reducir el tiempo de desarrollo, del mismo modo que el modelo en cascada o waterfall, donde todos los requisitos se analizan antes de empezar a desarrollar, sin embargo, los requisitos se dividen en “incrementos” independientemente funcionales (Avison & Fitzgerald, 2006).

Resultados

Descripción general de la muestra

La muestra estuvo conformada por 12 cuadrantes distribuidos a lo largo del área de estudio (Área protegida Bosque de Bologna colindante con el barrio alto Obrajes sector “A”), donde se obtuvo un total de 536 registros. Como se puede observar en la tabla 1, el cuadrante 2 es el que alberga la mayor riqueza de especies con 17 unidades, seguido por los cuadrantes 1,4 y 6 con 16 especies y el cuadrante 3 con 15 especies. En cuanto a la cantidad de individuos registrados, tan solo los cuadrantes 1, 2 y 4 representan el 43.28% del total de registros obtenidos, mientras que los restantes 9 cuadrantes ocupan un 56.72% haciendo énfasis en el cuadrante número 12 que ocupa solamente un 3.17%. Por otro lado, es importante el análisis individual de los índices de Shannon-Wiener, calculados gracias a los resultados obtenidos, ya que, a pesar de no representar a toda la comunidad en cuestión, nos dan un panorama de cómo funciona el

mismo, discriminando no solo la cantidad de especies y registros, sino su distribución (ver tabla 2), por ejemplo, el cuadrante 1 cuenta con 81 registros y 16 especies pero su índice de diversidad Shannon-Wiener es menor al del cuadrante 6 que cuenta con menos registros (56) y la misma cantidad de especies, sin embargo su distribución es más equitativa, incrementando así su índice.

Tabla 1: Distribución de especies por cuadrantes.

Cuadrante	Riqueza específica	Registros	%	Shannon-Wiener
1	16	81	15.11	2.491862461
2	17	81	15.11	2.649869155
3	15	66	12.31	2.564075804
4	16	70	13.06	2.611557585
5	12	41	7.65	2.426364524
6	16	56	10.45	2.592140549
7	11	21	3.92	2.202521075
8	8	12	2.24	1.979204517
9	11	33	6.16	2.214824863
10	10	25	4.66	2.213405882
11	9	33	6.16	1.99922117
12	5	17	3.17	1.41613968
		536	100%	

Fuente: Elaboración propia

Se han identificado 45 especies de plantas pertenecientes a 18 familias de carácter taxonómico, 40 de ellas son plantas vasculares y las restantes 5 son musgos y líquenes. Entre las especies más comunes se encuentran la Pennisetum Chilense, perteneciente a la familia de las Poaceas o gramíneas, con 52 registros y apariciones en 9 cuadrantes, seguida por Tillandsia Capillaris, conocida comúnmente como clavel del aire, con 47 registros en 8 cuadrantes, Hypotrachyna Bogotensis es la siguiente en la lista con 46 registros en 7 cuadrantes y por ultimo Syntrichia Ruralis, registrado en 8 cuadrantes.

Tabla 2: Agrupación de registros por especie.

Familia	Genero	Especie	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Abundancia
Amaranthaceae	Atriplex	Semibacata	2						2	2	1				7
Amaranthaceae	Atriplex	spp.	1	2					1	1	3	3			11
Asteraceae	Baccharis	boliviensis	2									3			5
Asteraceae	Bidens	Andicola	5	4					1	1	1				12
Asteraceae	Chuquiraga	Parviflora				2									2
Asteraceae	Dasyphyllum	Ferox	2	1	5	3	1		2		3				17
Asteraceae	Gnaphalium	spp.					2		2						4
Asteraceae	Verbesina	Mandonii	3		2	3	7	2							17
Bromeliaceae	Tillandsia	Capillaris	7	9	9	3	5	8	2		4				47
Cactaceae	Corryocactus	Melanotrichus	2					2	1	4					9
Cactaceae	Cumulopuntia	spp.	4									1			5
Cactaceae	Lobivia	Maximiliana						2	6	2					10
Cactaceae	Opuntia	Ficus-indica			2	2	5		4	3	8				24
Fabacea	Retama	spp.	1	1	2	1	2	6	1			1			15
Graphidaceae	Diploschistes	Cinereocesius	4			3									7
Parmeliaceae	Usnea	Amabilis				3									3
Parmeliaceae	Hypotrachyna	Bogotensis	18	9	5	6		1	1		6				46
Poaceae	Bothriochloa	Barbinodis	8		4				4		2				18
Poaceae	Bromus	Catharticus	3	6	4	6					3				22
Poaceae	Eragrostis	Lurida	6		4						2				12
Poaceae	Jarava	Ichu			7	11	4	3		4	6				35
Poaceae	Lycurus	Phleoides			5										5
Poaceae	Pennisetum	Chilense	6	9		6	6	6	3	6	8	2			52
Poaceae	Stipa	Capensis	5												5
Poaceae	Stipa	Ichu	5												5
Poaceae	Stipa	Mucronata	4	5	2		4								15
Pottiaceae	Leptodontium	Flexifolium	3												3
Pteridaceae	Argyroschisma	Nivea				5									5
Ramalinaceae	Tonina	Tristis	4												4
Fabaceae	Adesmia	Miraflorensis	6												6
Asteraceae	Baccharis	Papillosa			3										3
Scrophulariaceae	Buddleja	Aromática					2								2
Lamiaceae	Cinopodium	Bolivianum			3		2				2				7
Ephedraceae	Ephedra	Americana			1						2				3
Asteraceae	Mutisia	Acuminata	2	3	6	3				2	2				18
Solanaceae	Nicotiana	Glauca					2				3				5
Pteridaceae	Pellaea	Ternifolia	5					2							7
Asteraceae	Pluchea	Fastigiata						1			1				2
Rosaceae	Polyepis	Pacencis	1						1		1				3
Teloschistaceae	Rusavskia	Elegans					4								4
Caryophyllaceae	Spergula	Lepigonum							3						3

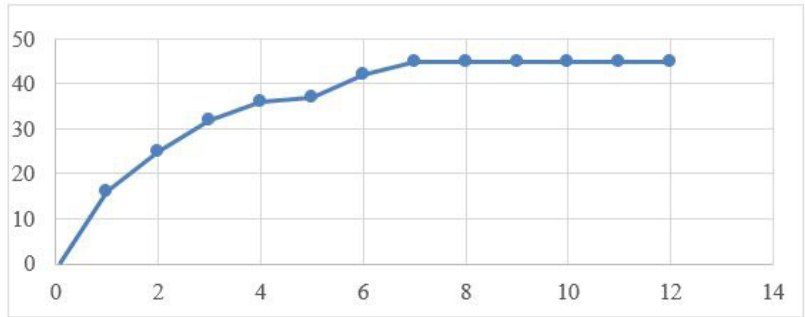
Relevamiento de flora del área protegida Bosque de Bologna para la obtención de un índice de diversidad Shannon Wiener a través de una aplicación móvil

Syntrichia	Syntrichia	Rurales	12	7	8	8	4	2	2	1	44
Asteraceae	Tagetes	Filifolia	4								4
Asteraceae	Taraxacum	officinale	1								1
Asteraceae	Viguera	Pazensis	2								2

Fuente: Elaboración propia

A partir de estos datos, se realizó una curva de acumulación de especies con el fin de demostrar la representatividad del tamaño de la muestra respecto a la población. La misma muestra que se llegó a una asíntota alrededor del cuadrante 7, esto nos indica que se realizaron los muestreos suficientes (Moreno, 2001).

Figura 4: Curva de acumulación de especies



Fuente: Elaboración propia

La tabla 3, representa los resultados obtenidos a partir del análisis de los datos registrados en el estudio de campo mediante la aplicación BIO-D, a partir de la base de datos detallados en la tabla 2, se obtuvo un índice de diversidad Shannon Wiener de 3.34147788, el cual se aproxima al valor máximo que podría obtener la comunidad de estudio. Esto significa que cuenta con un buen índice de biodiversidad, otro aspecto importante es la equitabilidad la cual demuestra una distribución positiva y equitativa de las especies registradas favoreciendo al resultado anteriormente mencionado ya que se aproxima al valor máximo 1.

Característica	Cálculo
Shannon - Wiener	3.34147788
Máximo Shannon - Wiener	3.80666249
Equitabilidad	0.87779725

Fuente: Elaboración propia

Discusión

En 2002 los líderes del mundo acordaron lograr para el año 2010 una reducción significativa del ritmo de pérdida de la diversidad biológica, sin embargo, dicho objetivo no fue logrado, de hecho, se pudo evidenciar que se ha intensificado según menciona el Secretario General de las Naciones Unidas Ban Ki-moon (2010, p. 5). El monitoreo y la evaluación de los recursos naturales representa una de las principales y más cotidianas tareas que deben realizarse para el mantenimiento de las áreas protegidas, consiste en la observación continua del territorio y la generación de información con el fin de realizar el seguimiento y evaluación de la conservación de los ecosistemas y recursos naturales. Analizar los resultados e impactos generados sirven para proponer medidas o acciones que aporten a las decisiones de gestión territorial del área en cuestión.

Es importante mantener un control estricto y una información actualizada del estado de “salud” del área que se busca preservar, en especial en zonas de alto riesgo, además de la generación de herramientas fiables capaces de medir estos cambios y permitir la realización de dichos estudios a mayor escala. Uno de los factores que determinan la salud física y emocional de las personas es la calidad ambiental del medio que los rodea, ayudando además a mitigar los efectos del cambio climático e interviniendo en las actividades económicas que desarrollan. Es la biodiversidad la que garantiza el buen funcionamiento de los ecosistemas y reduce riesgos naturales como inundaciones, sequías y deslizamientos.

Actualmente áreas de protección ecológica como el Parque nacional Madidi en el departamento de La Paz o la Reserva Municipal de Vida Silvestre Valle de Tucavaca en Santa Cruz reciben gran atención por parte

de la comunidad científica gracias a su gran riqueza natural, brindándoles mayores posibilidades de promover su conservación. Es así que este estudio busca, además, promover el estudio de áreas que podrían tener un gran potencial y evitar así su pérdida, siguiendo al estudio realizado por Miranda (2017).

Conclusiones

De acuerdo a los objetivos de la presente investigación, se llegó a las siguientes conclusiones. Para determinar la diversidad florística de la zona colindante del Área protegida Bosque de Bologna con el barrio Alto Obrajes Sector A, se empleó la aplicación BIO-D para la recopilación y administración de información del inventariado necesario para la obtención del índice de Shannon-Wiener y de esta manera se pudo determinar un buen grado de biodiversidad con un valor de 3.34147788 de 5 que es considerado como muy alto. Este resultado se debe a diversos factores, entre los más importantes la representatividad del tamaño de la muestra, cuyo valor mínimo para la zona en cuestión es de 6 cuadrantes, de los cuales se realizaron 12, y un 0.87779725 de equitabilidad.

Se realizó una base de datos a partir de los registros obtenidos con la aplicación BIO-D, la cual puede ser utilizada para estudios florísticos en cualquier zona, ciudad o país, que contó con una serie de elementos de flora cargados inicialmente en una base de datos local, acelerando así el proceso de inventariado de especies y permitiendo la generación de nuevos elementos en la misma según lo requiera. Es así que, en la aplicación del estudio de campo, se observa que el registro de especies de los primeros cuadrantes toma alrededor de 50 minutos, reduciendo el tiempo en cada cuadrante debido a la reutilización de los nuevos elementos en la base de datos.

Por otra parte, los cuadrantes 7, 8 y 12 cuentan con una menor cantidad de registros, esto debido a la presencia de elementos ajenos al área natural como residuos contaminantes (botellas y plásticos en su mayoría), la facilidad de acceso a través de la urbe y a la notable presencia de seres

humanos, evidenciándose la quema mal intencionada de varios sectores y la constante amenaza de avasallamiento.

Al ser parte de una región biogeográfica relativamente pequeña en Bolivia además de su alta diversidad, hacen que sea necesario contemplar medidas para una mayor protección de su biota. Es responsabilidad de todos, tanto ciudadanos como autoridades, incurrir en la protección, preservación y conservación de los recursos naturales de manera propicia y constante, logrando así mejorar la calidad de vida en general.

Referencias

- Aguirre, L. F., Aguayo, R., Balderrama, J. A., Cortez, C., Tarifa, T., & Rocha O., O. (2009). Libro rojo de la fauna silvestre de vertebrados de Bolivia. La Paz, Bolivia: Ministerio de Medio Ambiente y Agua.
- Álvarez, M., Córdoba, S., Escobar, F., Fagua, G., Gast, F., Mendoza, H., . . . Villarreal, H. (2006). Manual de métodos para el desarrollo de inventarios de biodiversidad. Bogotá: Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt.
- Amaya Balaguera, Y. (s.f.). Metodologías ágiles en el desarrollo de aplicaciones para dispositivos móviles. Estado actual. Revista de Tecnología, 12.
- Avison, D., & Fitzgerald, G. (2006). Information Systems Development. McGraw-Hill Education.
- B. de Morales, C., Moraes, M., Ergueta, P., Baudoin, M., Beck, S., & Killeen, T. (1997). Ecología en Bolivia. La Paz: Instituto de Ecología. UMSA.
- Cabrera, A. L., & Willink, A. (1973). Biogeografía de America Latina. Washington D.C.: Organización de los Estados Americanos.
- Contreras-Hermosilla, A., & Vargas Ríos, M. T. (2002). Las Dimensiones Sociales, Ambientales y Económicas de las Reformas a la Política Forestal de Bolivia. Washington D.C.: Forest Trends.
- Dorado, N. A. (2010). ¿Que es la biodiversidad? Una publicación para entender su importancia, su valor y los beneficios que nos aporta. Madrid: Fundación Biodiversidad.

- Flores, M. S. (2018). Aplicación móvil BIO-D. La Paz, Bolivia.
- Garitano, Z. Á., Salazar, A., Campos, J., Da Silva, M., & Zegarra, V. (2016). Manual del Naturalista Urbano. La Paz, Bolivia: Universidad Mayor de San Andrés/DIPGIS.
- Ibisch, P., Araujo, N., & Nowicki, C. (2007). Visión de Conservación de la Biodiversidad del Corredor Amboró – Madidi. Santa Cruz de la Sierra: Editorial FAN.
- Ibisch, P., Beck, S., Gerkmann, B., & Carretero, A. (2003). Biodiversidad: La Riqueza de Bolivia. Estado de Conocimiento y Conservación. Santa Cruz de la Sierra: Editorial FAN.
- Jost, L., & González Oreja, J. A. (2012). Midiendo la diversidad biológica: más allá del índice de Shannon. *Acta Zoologica Lilloana*, 56(1-2), 3-14. Recuperado el 15 de Agosto de 2018
- Krebs, C. J. (1995). *Ecology. The Experimental Analysis of Distribution and Abundance*.
- López, R. P. (2003). Diversidad florística y endemismo de los valles secos bolivianos. *Ecología en Bolivia*, 38.
- López, R. P. (2015). *Historia Natural de un valle en Los Andes: La Paz*. La Paz, Bolivia: Museo Nacional de Historia Natural.
- Loza, I., Moraes R, M., & Jorgensen, P. M. (2010). Variación de la diversidad y composición florística en relación a la elevación en un bosque montano boliviano (PNANMI Madidi). *Ecología en Bolivia*, 87-100.
- McNaughton, S. J., & Woelf, L. L. (1979). *General ecology*. New York: Holt, Rinehart & Winston.
- Miranda, B. O. (2017). Proyecto de investigación para la declaración de área protegida mediante ley al Bosque de Bolognia. La Paz - Bolivia.
- Moreno, C. E. (Enero de 2001). Métodos para medir la biodiversidad (Vol. 1). Zaragoza: M&T Manuales y Tesis SEA.
- Mostacedo, B., & Fredericksen, T. S. (2000). *Manual de métodos básicos de muestreo y análisis en ecología vegetal*. Santa Cruz - Bolivia: BOLFOR.
- Moya, M. I., Meneses, R. I., & Sarmiento, J. (2017). *Historia natural del valle de La Paz*. Tercera Edición. Museo Nacional de Historia Natural.

- Navarro, G. (1997). Contribución a la clasificación ecológica y florística de los bosques de Bolivia. *Revista Boliviana de Ecología y Conservación*, 3-37.
- Oberhuber, T. (2010). La biodiversidad es vida. El papel de la biodiversidad. Ordenanza Municipal G.A.M.L.P., 259 (Concejo Municipal de La Paz 20 de Mayo de 2015).
- Salkind, N. J. (1998). *Métodos de Investigación*. México: Prentice Hall.
- Sánchez, C. L. (20 de Mayo de 2016). Juventud Andina y Medio Ambiente. Obtenido de La biodiversidad en Bolivia entre amenazas y desafíos: <http://juventudandinacepa.blogspot.com>
- Secretaría del Convenio sobre la Diversidad Biológica. (2010). *Perspectiva Mundial sobre la Diversidad Biológica 3*. Montreal.
- Valdivia, O. D. (1998). Subsidios al usp del indice de diversidad de Shannon Wiener. Obtenido de Subsidios al usp del indice de diversidad de Shannon Wiener: <https://www.scihub.com/publication/subsidiosalindexdediversidadshannon>

Artículo Recibido: 29-06-2018

Artículo Aceptado: 10-12-2018