

ESTADO DE CONSERVACIÓN DE LOS BOSQUES NATIVOS DEL JARDÍN BOTÁNICO MUNICIPAL DE SANTA CRUZ DE LA SIERRA

CONSERVATION STATUS OF THE NATIVE FORESTS OF THE MUNICIPAL BOTANICAL GARDEN OF SANTA CRUZ DE LA SIERRA

FLORES VARGAS, C., FLORES PÉREZ, I.I.

RESUMEN

Los bosques nativos del Jardín Botánico son considerados como el último remanente bien conservado, se conoce la amplia gama de los servicios ambientales que prestan los bosques en general, algunos de ellos son la regulación del clima, captura y almacenamiento de carbono. Se proporciona información sobre el estado de conservación de los bosques nativos, con la aplicación de los métodos de Índice de vegetación de diferencia normalizada, NDVI, y el Balance hídrico. La aplicación del Índice de vegetación de diferencia normalizada permitió determinar el estado de la vegetación y detectar cambios en la misma en un diagnóstico de diez años, de 2011 a 2020, el NDVI se clasificó en cuatro según el estado de la cobertura y posteriormente se realizó la cuantificación en porcentaje para luego realizar un análisis general del estado de la vegetación de los últimos 10 años. Con la obtención de datos meteorológicos se aplicó del balance hídrico por el método de Thornthwaite, permitió elaborar una contabilidad mensual de evapotranspiración potencial, reservas, excedente y déficit hídricos para poder interpretar y respaldar resultados del NDVI, una vez obtenidos los resultados se definieron acciones dirigidas a la mitigación para la conservación de los bosques nativos del Jardín Botánico.

PALABRAS CLAVE

Conservación. Bosques nativos. Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada, NDVI. Balance hídrico.

ABSTRACT

The native forests of the Botanical Garden are considered the last well-preserved remaining forests, the wide range of environmental services provided by forests in general is acknowledged, some of them are climate regulation, carbon capture and storage. Information on the state of conservation of native forests is provided, with the application of the Normalized Difference Vegetation Index, NDVI, and Water Balance methods. The application of the Normalized Difference Vegetation Index allowed determining the state of the vegetation and detecting changes in it in a diagnosis of ten years, from 2011 to 2020, the NDVI was classified into four according to the state of the coverage and subsequently it was carried out the quantification in percentage to then carry out a general analysis of the state of the vegetation of the last 10 years. With the obtaining of meteorological data, the water balance was applied by the Thornthwaite method, allowing the elaboration of a monthly accounting of potential evapotranspiration, reserves, surplus and water deficit to be able to interpret and support the results of the NDVI, once the results were obtained, directed actions were defined. to mitigation for the conservation of the native forests of the Botanical Garden.

KEYWORDS

Conservation. Native Forests, Normalized Difference Vegetation Index, NDVI. Water Balance.

INTRODUCCIÓN

La comunidad mundial afirma, a través de la Convención sobre la Diversidad Biológica, que la conservación de la diversidad biológica es de interés común de toda la humanidad y que los estados son responsables de la conservación de su diversidad biológica, preocupados por la importante reducción de la diversidad biológica a consecuencia de las diferentes actividades humana. Observan que es importante prever, prevenir y atacar en su fuente las causas de reducción o pérdida de la diversidad. (Convention on Biological Diversity, 2016)

Se evaluó el cambio espacio-temporal en el bosque subtropical del distrito de Malakand mediante técnicas de teledetección y herramientas geoespaciales, SIG. Para identificar las diferentes clases de cobertura del suelo se adquirieron cuatro imágenes Landsat con un intervalo de 10 años, desde 1988 hasta 2018. Se calculó el NDVI para 1988, 1998, 2008 y 2018. En el análisis del NDVI, la deforestación total a lo largo del tiempo fue de 166,29 km² en los últimos 30 años, de 1988 a 2018, con un porcentaje de deforestación del 43,66 % de superficie perdida. (Hassan, Irfan, Binte, Ahmad, Ghayoor, 2021)

En la Isla Guadalupe, México, se realizó una evaluación de los cambios y la recuperación de la cobertura de la vegetación afectada por la presencia de cabras asilvestradas. El análisis se basó en el cálculo del NDVI, utilizando imágenes satelitales multiespectrales de alta resolución en 2004 y 2013. En los resultados de este estudio se identificaron fácilmente las coberturas de bosque de ciprés, pino y palmar, con un incremento en biomasa para 2013. De manera similar, se detectó que el pastizal duplicó su cobertura en superficie, y hubo disminución del suelo desnudo para 2013. (Ceceña, y otros, 2021)

Un estudio realizado en la ciudad de La Paz-Bolivia reflejó la situación de áreas verdes, donde se utilizaron técnicas de teledetección en una imagen Worldview 2011 multiespectral con resolución espacial de 0,5 m, a la cual se aplicó el NDVI, con lo cual se identificó la cobertura vegetal presente. Posteriormente, se realizó la clasificación de esta en arbórea y arbustiva gramínea. Los resultados finales identificaron que la ciudad de La Paz tiene 9.8 m²/ha de área verde por habitante, por debajo de lo recomendado por organismos internacionales como la OMS, 16 a 20 m²/hab. (Mendoza, 2020)

El NDVI aportó información importante para analizar los cambios en la calidad de la vegetación, causados por efectos de los incendios forestales en los Cerros Orientales de Bogotá-Colombia. De acuerdo con los resultados, las localidades que tienen una baja calidad en la vegetación fueron: Chapinero, Santa Fe y Usaquén, susceptibles al desarrollo de incendios forestales por el tipo de vegetación predominante. (Capador, González, Suarez, 2021)

En Bolivia se documentaron procesos de pérdida de bosques en los últimos 30 años. Es importante el conocimiento del estado actual o condición ecológica de los bosques en amplias zonas de Bolivia porque es la base para un adecuado manejo, planificación de acciones de uso y restauración del recurso forestal para que el crecimiento demográfico, la explotación del bosque y la expansión de la frontera agrícola no constituyan una amenaza destructiva. (Navarro, Barra, Rumiz, Ferreira, 2008)

El Jardín Botánico Municipal "Hortus Amazonicus Tropicalis Bolivienensis" fue creado en 1965 en el sector oeste de la ciudad de Santa Cruz de la Sierra, en las riberas del río Piraí. Tuvo como impulsor y fundador al gran científico cruceño Noel Kempff

Mercado. El antiguo Jardín Botánico fue destruido en 1983 por un catastrófico desborde del Río Piraí, ante lo cual Kempff Mercado de inmediato se empeñó en la creación de un nuevo Jardín Botánico, de mayor tamaño y, sobre todo, pensando en un lugar en donde se pudiesen realizar estudios científicos de la flora. El actual Jardín Botánico está ubicado a 12 km al este de la ciudad de Santa Cruz de la Sierra, zona de Guapilo. En la actualidad, cuenta con una superficie de 216 hectáreas. (Biólogos, 2015)

En el año 2013 se realizó un estudio del estado de conservación y amenazas al Jardín Botánico Municipal de Santa Cruz en el cual se identificaron dos tipos de bosques: el Bosque Chiquitano Mesofítico y el Bosque Chaqueño de suelos mal drenados, ambos con sus etapas de bosques sucesionales que se encontraban en proceso de recuperación y con cobertura arbórea. En cuanto al Bosque Chiquitano Mesofítico solo se conoce la zona de estudio ya que los alrededores están destruidos a causa de las diferentes actividades humanas. Por otro lado, se registraron una cantidad importante de especies animales, entre ellas, cinco especies de monos, hecho que indica que los bosques del Jardín Botánico reflejan buen estado de salud. (Miserendino, Catari, Flores, Aguila, 2013)

La degradación de los bosques y la deforestación en Bolivia han crecido exponencialmente en las últimas décadas, debido a la expansión continua de la agroindustria y de nuevos asentamientos de colonos, de forma generalmente no planificada ni controlada adecuadamente desde las diversas instancias gubernamentales. (Navarro, Barra, Rumiz, & Ferreira, 2008)

En el transcurso de los años la Reserva Municipal de Santa Cruz de la Sierra "El Jardín Botánico" ha sufrido diferentes atentados a la biodiversidad que envuelve sus 217 hectáreas por grupos de personas que se benefician de manera ilegal e irresponsable, hecho que afecta gravemente a la Reserva Municipal. La vegetación del Jardín Botánico de Santa Cruz es el remanente o relictos de bosque más importante en todo el Municipio de Santa Cruz de la Sierra y Cotoca, considerando que, en los alrededores, la vegetación está destruida, fragmentada y disturbada por las actividades humanas. El crecimiento urbano ha causado la deforestación de las coberturas naturales que originalmente existían en la región, es así como resalta la mancha de bosques que el Jardín Botánico ha mantenido durante estos años, bosques estacionalmente secos, del semideciduo chiquitano y Bosque Chaqueño sobre suelo mal drenado. (UAGRM, 2015)

El Jardín Botánico Municipal de Santa Cruz de la Sierra presenta una temperatura media anual de 24,63 °C. Las figuras 1 y 2 muestran la temperatura promedio mensual y anual en el Jardín Botánico Municipal de Santa Cruz de la Sierra en el periodo 2011-2020.

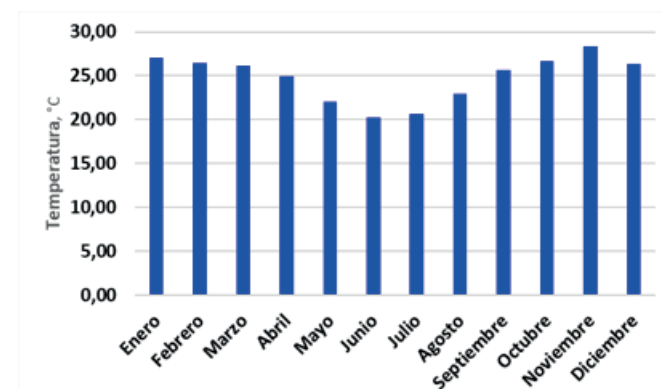


Figura 1. Temperatura promedio mensual entre los años de 2011 a 2020 en el Jardín Botánico Municipal de Santa Cruz de la Sierra

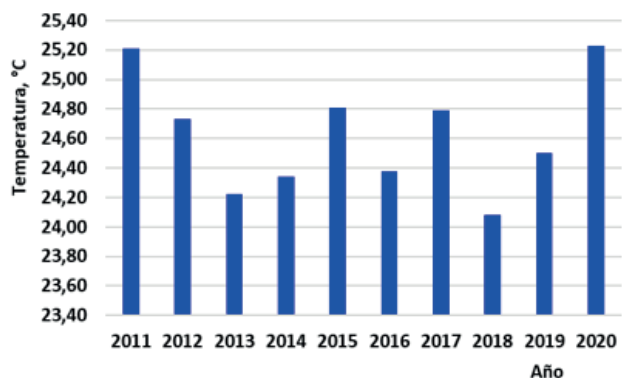


Figura 2. Temperatura promedio anual entre los años de 2011 a 2020 en el Jardín Botánico Municipal de Santa Cruz de la Sierra

En el Jardín Botánico el periodo de lluvias se inicia entre los meses de octubre y noviembre, terminando en el mes de abril, alcanzando en esta época el 80,9 % de la precipitación anual. En cambio, la época seca comienza en el mes de mayo y termina en septiembre, presenciándose en los meses de julio y agosto la caída de los volúmenes de agua. (Miserendino, Catari, Flores, & Aguila, 2013)

La precipitación anual promedio es de 1561,71 mm en la estación meteorológica El Trompillo. SENAMHI, 2021

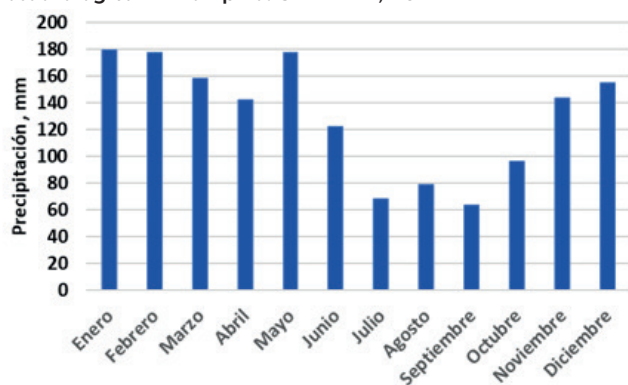


Figura 3. Precipitación pluvial promedio mensual entre los años de 2011 a 2020 en el Jardín Botánico Municipal de Santa Cruz de la Sierra

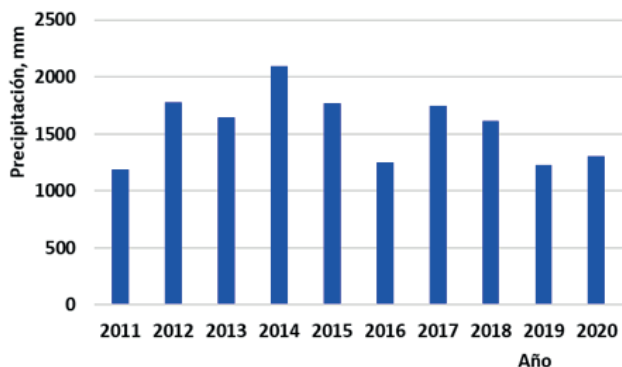


Figura 4. Precipitación pluvial promedio anual entre los años de 2011 a 2020 en el Jardín Botánico Municipal de Santa Cruz de la Sierra

Los vientos predominantes provienen del norte, aunque se presentan vientos del sur, por periodos cortos, en épocas secas, con velocidades que alcanzan hasta los 80 km/h. Los vientos frecuentes y de mucha intensidad que se registran en los meses de julio, agosto y septiembre, pueden derrumbar gran cantidad de árboles dentro del bosque. (Miserendino, Catari, Flores, Aguila, 2013)

Bosque Seco Chaqueño se caracteriza por sus numerosas plantas suculentas o espinosas. La comunidad vegetal más común tiene un dosel continuo y bajo (menor a 8 m), con varias especies emergentes de hasta 15 m de alto. Especies típicas son: algarrobo, *Prosopis alba*; mistol, *Zizyphus mistol*; chañar, *Geoffroea decorticans*; choroque, *Ruprechtia triflora*. (Ministerio de Medio Ambiente y Agua, 2013)

Bosque Semidecíduo Chiquitano de Transición está caracterizado por una vegetación de tamaño medio-alto, que también posee bellas especies como: momoqui, *Caesalpinia pluviosa*; toborochi, *Ceiba speciosa*; cucupaú, *Anadenanthera macrocarpa*; jichituriqui, *Aspidosperma cylindrocarpon* y diversas otras. (Spinoza, Renaud, Arapa, 2015)

El dosel del bosque se encuentra entre 15 y 20 metros de alto, con individuos emergentes que llegan hasta 25 metros. Algunas especies comunes son: picana, *Cordia Alliodora*; verdolaga, *Terminalia Argentea*; cuchi, *Astronium Urundeuva*; soto, *Schinopsis Brasiliensis*; curupaú, *Anadenanthera Colubrina*; tajibo, *Tabebuia Impetiginosa*; tajibo amarillo, *Tabebuia Chrysantha*. (Ministerio de Medio Ambiente y Agua, 2013)

Tabla 1. Especies de plantas representativas en los dos tipos de bosques del Jardín Botánico Municipal de Santa Cruz de la Sierra

Bosque mesofítico	Chiquitano	Bosque Chaqueño de suelo mal drenado
<i>Anadenanthera colubrina</i>		<i>Phyllostylon rhamnoides</i>
<i>Gallesia integrifolia</i>		<i>Tabebuia nodosa</i>
<i>Acacia polyphylla</i>		<i>Diplokeleba foribunda</i>
<i>Caesalpinia pluviosa</i>		<i>Sideroxylon obtusifolium</i>
<i>Aspidosperma cylindrocarpon</i>		<i>Myrciaria cauliflora</i>
<i>Capparis combrana</i>		<i>Maclura tinctoria</i>
<i>Alophylus edulis</i>		<i>Coccoloba cordata</i>
<i>Machaerium pilosum</i>		<i>Monvillea cavendishii</i>
<i>Maclura tinctoria</i>		<i>Castela coccinea</i>
<i>Sideroxylon obtusifolium</i>		<i>Zanthoxylum fagara</i>
<i>Cereus dayamil</i>		<i>Triplaris americana</i>
<i>Opuntia brasiliensis</i>		<i>Copernicia alba</i>
<i>Capparis retusa</i>		<i>Zanthoxylum fagara</i>
<i>Casearia arborea</i>		<i>Pisonia zapallo</i>
<i>Ceiba speciosa</i>		<i>Coccoloba cordata</i>
<i>Ceiba samauma</i>		<i>Capparis tweediana</i>
<i>Salacia elliptica</i>		<i>Celtis iguanaea</i>
<i>Piper amalago</i>		<i>Neea hermafrodita</i>
<i>Chrysophyllum gonocarpum</i>		<i>Ximenia americana</i>
<i>Achatocarpus praecox</i>		<i>Ruprechtia triñora</i>
<i>Bougainvillea modesta</i>		<i>Geoffroea striata</i>
<i>Neea hermafrodita</i>		<i>Fisonia zapallo</i>
<i>Phyllostylon rhamnoides</i>		<i>Zizyphus guaranitica</i>
<i>Tabebuia impetiginosa</i>		<i>Eugenia ligustrina</i>
<i>Trichillia elegans</i>		<i>Aspidosperma triternatum</i>
<i>Myrciaria cauliflora</i>		<i>Capparis retusa</i>
<i>Triplaris americana</i>		<i>Sorocea saxicola</i>
		<i>Monvillea cavendishii</i>
		<i>Guapira sp.</i>
		<i>Achatocarpus praecox</i>

Fuente: Méndez, 2016

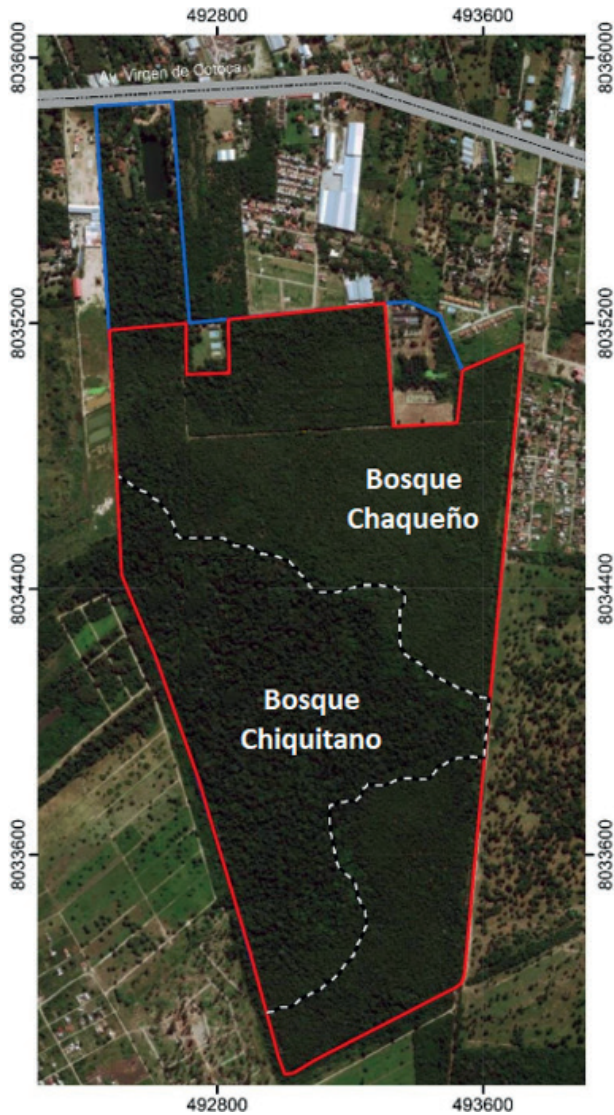


Figura 5: Mapa de bosques del Jardín Botánico Municipal de Santa Cruz de la Sierra

El registro de la fauna en el Jardín Botánico aún está incompleto porque son muy puntuales los estudios hasta ahora realizados. Se tienen registradas aproximadamente 207 especies de vertebrados, pudiendo incrementarse este número, si se consideran las especies potenciales como los murciélagos, roedores pequeños y aves migratorias.

Tabla 2. Número de especies por taxón de fauna en el Jardín Botánico Municipal de Santa Cruz de la Sierra

TAXON	NÚMERO DE ESPECIES
Peces	13
Anfibios	14
Reptiles	12
Aves	146
Mamíferos	24
Total	209

Miserendino, Catari, Flores, & Aguila, 2013

DESARROLLO

Las imágenes satelitales Landsat 8 que se utilizaron fueron descargadas gratuitamente de la página del Servicio Geológico de los Estados Unidos (USGS). Se utilizaron imágenes satelitales con la menor cobertura de nubes de los años 2011 al 2020, además se tomaron en cuenta las estaciones del año, la época de lluvias (meses de octubre a abril), la época seca (meses de mayo a septiembre), descargando, para ello, imágenes para el estudio de la época de lluvias. Se trabajó con imágenes satelitales de Landsat 7, de los años 2011 y 2012. El procesamiento se realizó con las bandas 3 y 4. Las imágenes satelitales de Landsat 8 contienen 11 bandas cada una, aunque para el procesamiento de las imágenes aplicando el NDVI, solo se seleccionaron las bandas 4 y 5 de cada imagen del sensor OLI. Se creó una base de datos con todas las imágenes satelitales descargadas, diferenciando cada año desde el 2011 al 2021.

Para el procesamiento de las imágenes satelitales de Landsat 8 descargadas, se utilizó el programa ArcGIS 10.5, el cual permitió la aplicación del NDVI a las imágenes de la zona de estudio.

Las siguientes acciones fueron realizadas en el procesamiento de las imágenes satelitales descargadas del área de estudio:

- 1 Agregaron las imágenes satelitales descargadas (banda 4 y 5) al ArcMap, con la opción de la barra superior (Add Data).
- 2 Con la herramienta (Raster Calculator), ubicada en la caja de herramientas del ArcMap, se introdujeron las bandas y se calculó el NDVI mediante su fórmula.
- 3 Con la herramienta Reclassify, ubicada en la caja de herramientas del ArcMap, se reclasificaron los valores del NDVI en cuatro valores.
- 4 Para visualizar mejor los resultados, se modificó el color de la capa en Layer Properties – Color Ramp, seleccionando los colores rojos para los valores negativos y los colores verdes para los valores positivos.

El conocimiento del balance de humedad (balance hídrico) es necesario para definir la falta y exceso de agua y es de aplicación para las clasificaciones climáticas, la definición de la hidrología de una zona y para la planificación hidráulica. (Universidad de Sevilla, 2018)

Para el cálculo del balance hídrico se obtuvieron datos de variables climáticas, se utilizaron las variables del SENAMHI, que es un organismo técnico donde existe información meteorológica; se recopilaron datos de temperatura media anual y precipitación total anual para los años 2011 al 2020.

La determinación de la evapotranspiración potencial, ETP, que es la máxima cantidad de agua que puede perderse desde una capa continua de vegetación que cubre todo un terreno, cuando la cantidad de agua suministrada al suelo es ilimitada. (Monterroso, Gómez, 2021). Se realizó El cálculo de la ETP en función a los últimos 10 años, 2011 al 2020.

Se empleó el método de Thornthwaite, el cual está basado en la determinación de la evapotranspiración en función de la temperatura, la latitud de la zona de estudio y el mes para la obtención de número de horas-sol por día. (Poma, Usca, 2020) En la tabla 3 se muestra el balance hídrico en el área del Jardín Botánico Municipal de Santa Cruz de la Sierra en el mes de septiembre, por la regeneración del follaje, mediante el método de Thornthwaite en el periodo 2011- 2020

Tabla 3. Balance hídrico en mm de precipitación pluvial del área del Jardín Botánico Municipal de Santa Cruz de la Sierra en el mes de septiembre en el periodo 2011-2020

año	EPT	PP	PPU	Reserva	Excedente	Déficit
2011	126,9	6,0	- 121,0	0,0	0,0	121,0
2012	125,6	235,2	110,0	100,0	10,0	0,0
2013	87,3	39,4	- 47,9	0,0	0,0	47,9
2014	125,8	95,9	- 29,9	0,0	0,0	29,9
2015	118,2	52,3,	- 65,9	0,0	0,0	65,9
2016	98,7	3,9	- 67,8	0,0	0,0	67,8
2017	112,5	26,7	- 85,8	0,0	0,0	85,8
2018	105,7	59,4	- 46,3	0,0	0,0	46,3
2019	118,5	68,7	- 49,8	0,0	0,0	49,8
2020	107,4	18,7	- 88,7	0,0	0,0	88,7

EPT = Evapotranspiración potencial, PP = Precipitación Pluvial
PPU = Precipitación Pluvial Útil

En la tabla 4 se muestran los resultados de la aplicación de NDVI de las imágenes satelitales del área de estudio, todas del mes de septiembre procesadas con el programa ArcGIS correspondiente a cada año de 2011 a 2020.

Tabla 4. Resultados de la aplicación de NDVI de las imágenes satelitales del área de estudio, todas del mes de septiembre procesadas con el programa ArcGIS

año	Valores NDVI		Área, ha	Porcentaje, %	Calificación de la planta
2011	-0,20669	0,00871	103,59	53	M
	0,00871	0,13889	93,06	47	E
2012	-0,21795	0,06800	110,9	56	M
	0,06800	0,27149	85,5	44	E
2013	0,22208	0,33204	116,01	59	E
	0,33204	0,46380	80,46	41	MS
2014	0,19804	0,36170	111,96	57	E
	0,36170	0,52408	84,51	43	MS
2015	0,16612	0,33726	105,39	54	E
	0,33726	0,48008	91,08	46	MS
2016	0,25926	0,37238	84,69	43	E
	0,37238	0,44536	111,96	57	MS
2017	0,18352	0,32186	196,65	100	E
	0,39324	0,51166	165,51	84	MS
2019	0,19017	0,30231	127,26	65	E
	0,30231	0,40518	69,3	35	MS
2020	0,28098	0,35690	104,67	53	E
	0,35690	0,46979	91,89	47	MS

M = Planta muerta, E = Planta enferma,
MS = Planta moderadamente saludable

Se realizó un levantamiento aleatorio estratificado de información de la cobertura vegetal en los dos tipos de bosques que se encuentran en el Jardín Botánico. Para cada tipo de bosque se estableció un transecto de medición, cada transecto

tuvo una medida de 600 m², 300 x 2 m, donde se registraron todos los individuos leñosos mayores a 2,5 cm de diámetro a la altura del pecho, DAP, altura total e identidad taxonómica (familia especie). Se utilizaron planillas donde se registraron cada una de las especies. Fueron identificadas consultando la bibliografía generada en el Jardín, Internet y conocimientos básicos de especies representativas de Santa Cruz.

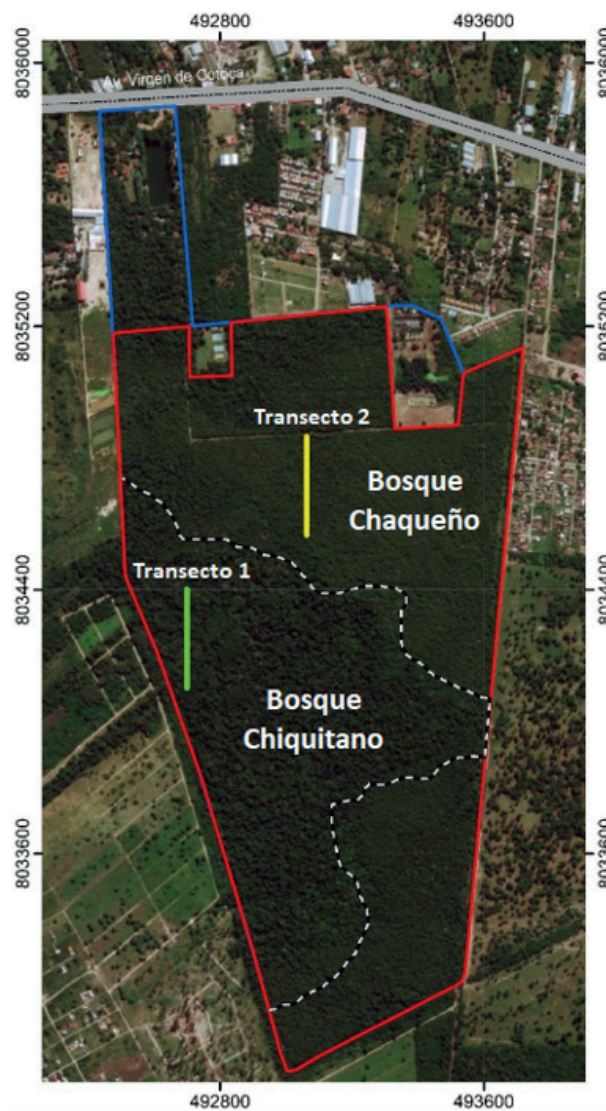


Figura 6. Ubicación de transectos en el Jardín Botánico Municipal de Santa Cruz de la Sierra en el mes de septiembre

Transecto 1 “Bosque Chiquitano”

La composición de especies del Bosque Chiquitano es de especies típicas de suelos mal drenados y bien drenados. Los árboles son de carácter semideciduo.

En el levantamiento de información que se realizó en el Bosque Chiquitano, se registraron 21 especies, siendo 3 familias con la mayor diversidad: *Fabaceae*, *Nyctaginaceae* y *Capparidaceae*. Las especies *Phyllostylon rhamnoides*, *Gallesia integrifolia*, *Chrysophyllum gonocarpon*, *Piper amalago*, son las más representativas, registradas con mayor abundancia en el transecto, a diferencia de los registros del año 2013. Se presentó un incremento en la abundancia de las especies Cuta, Ajo ajo, Aguaí, Matico.

Las especies Cuta, Ajo ajo, Aguaí, Matico, Negrillo, Palodiablo, son típicas de zonas húmedas de la Chiquitanía, como ser áreas mal drenadas; en cambio el Curupaú, Tajibo, Jichituriqui, Caricari y la Sama son típicos de bosques con suelos bien drenados. (Miserendino, Catari, Flores, & Aguila, 2013) Ver tabla 5.

Tabla 5. Comparación de abundancia de especies del Bosque Chiquitano del Jardín Botánico Municipal de Santa Cruz de la Sierra en el 2013 y 2021.

ESPECIES	ABUNDANCIA RELATIVA	
	Registro 2013*	Transecto 1 2021
<i>Phyllostylon rhamnoides</i>	14,6	14,29
<i>Gallesia integrifolia</i>	8,7 0	7,69
<i>Chrysophyllum gonocarpon</i>	8,69	8,79
<i>Piper amalago</i>	14,45	15,38
<i>Acacia polyphylla</i>	7,41	7,69
<i>Anadenanthera colubrina</i>	2,00	2,20
<i>Achatocarpus praecox</i>	7,20	7,69
<i>Tripalis americana</i>	4,40	4,40
<i>Myrciaria cauliflora</i>	4,50	4,40
<i>Neea sp.</i>	4,50	4,40
<i>Bougainvillea modesta</i>	1,20	1,10
<i>Aspidosperma cilyndrocarpon</i>	3,3 0	3,30
<i>Trichilia elegans</i>	4,69	4,40
<i>Tabebuia impertiginosa</i>	2,5 0	2,20
<i>Caparis retusa</i>	3,40	3,30
<i>Caparis coimbrana</i>	1,20	1,10
<i>Casearia arborea</i>	2,40	2,20
<i>Ceiba samauma</i>	1,3	1,10
<i>Salacia elliptica</i>	2,3	2,20
<i>Allophylus edulis</i>	1,3	1,10
Desconocida sp		1,10

*Miserendino, Catari, Flores, & Aguila, 2013

Transecto 2 Bosque Chaqueño

Este tipo de bosque tiene un follaje deciduo y se desarrolla sobre suelos mal drenados. En el levantamiento de información realizado en este bosque se registraron 26 especies, las más representativas son la Cuta, Pororó, Mampuesto, etc. Las especies *Phyllostylon rhamnoides*, *Eugenia ligustrina*, *Tabebuia nodosa*, *Caparis retusa*, fueron las más abundantes. En comparación con el registro del 2013 existe una leve diferencia, ciertas especies en el 2021 aumentaron sus valores en abundancia y otras se mantuvieron. Esto se reflejó en el mapa del NDVI 2021, donde se observó una recuperación de la vegetación, donde el 88% del área de estudio, se clasificó mediante el NDVI como planta moderadamente saludable.

Tabla 6. Comparación de abundancia de especies del Bosque Chaqueño de suelos mal drenados del Jardín Botánico Municipal de Santa Cruz de la Sierra en el 2013 y 2021.

Especies	ABUNDANCIA RELATIVA	
	Registro 2013*	Transecto 2 2021
<i>Phyllostylon rhamnoides</i>	16,74	16,8
<i>Eugenia ligustrina</i>	18,55	18,5
<i>Tabebuia nodosa</i>	11,31	11,4
<i>Caparis retusa</i>	12,22	12,4
<i>Myrciaria cauliflora</i>	6,79	6,9
<i>Aspidosperma triternatum</i>	6,33	6,5
<i>Ziziphus guaranitica</i>	5,43	5,4
<i>Aspidosperma cilyndrocarpon</i>	2,26	2,3
<i>Neeasp</i>	2,26	2,2
<i>Geoffroea striata</i>	1,36	1,4
<i>Machaerium pilosum</i>	2,26	2,3
<i>Sorocea Saxicola</i>	1,81	1,8
<i>Diplokeleba floribunda</i>	1,81	1,7
<i>Prosopis chilensis</i>	1,36	1,4
<i>Sideroxylon obtusifolium</i>	1,36	1,3
<i>Ruprechtia triflora</i>	0,9	1,0
<i>Ceiba samauma</i>	0,9	1,0
<i>Monvillea cavendishii</i>	0,9	1,0
<i>Rubiaceae</i>	0,9	0,9
<i>Zanthoxylum fagara</i>	0,9	0,9
<i>Acacia albicorticata</i>	0,45	0,5
<i>Guapira sp.</i>	0,9	0,9
<i>Ximenia americana</i>	0,45	0,5
<i>Castela coccinea</i>	0,45	0,3
<i>Desconocida sp</i>	0,45	-
<i>Erythroxylum ulei</i>	0,45	0,4
<i>Coccoloba sp.</i>	0,45	0,4

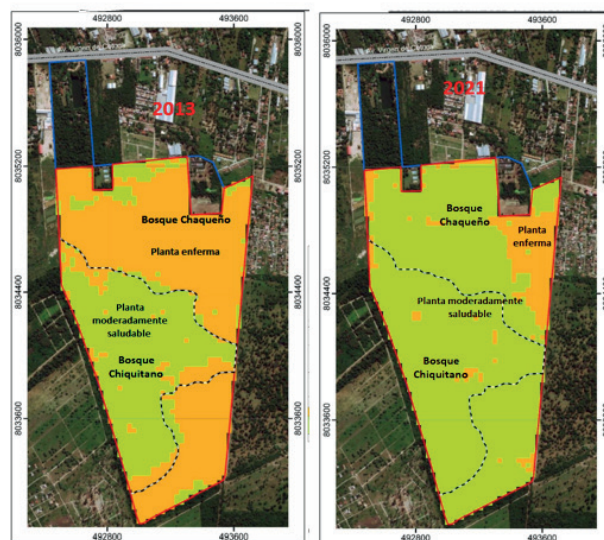


Figura 7 Comparación de los Mapas del Estado de conservación de la cobertura vegetal en Jardín Botánico Municipal de Santa Cruz de la Sierra en los años 2013 y 2021

DISCUSIÓN

Con la utilización de teledetección y herramientas informáticas, mediante la aplicación del NDVI se diferenciaron la vegetación de otros tipos de cobertura del suelo (artificial) y se determinó su estado general. También permitió definir y visualizar áreas con vegetación en el mapa, así como también se detectaron cambios anormales a través de los años en que se realizó el estudio (2011 - 2021) y se cuantificaron las hectáreas y el porcentaje de las clasificaciones de acuerdo con los valores del NDVI.

Como complemento del NDVI, se desarrolló un balance hídrico por el método de Thornthwaite, que permitió elaborar una contabilidad mensual de evapotranspiración potencial, reservas, excedente y déficit hídricos a partir de registros de precipitación y así poder interpretar mejor los resultados del NDVI realizados para los años de estudio del 2011 a 2021.

En la figura 8 se puede observar la comparación de los resultados obtenidos por el NDVI, en porcentaje, por estado de conservación de la cobertura vegetal entre los años 2011 al 2021, en el cual se determina lo siguiente: en los años 2011, 2012, 2013, 2014, 2015 y 2017 se observa que el estado de los bosques dentro del área de estudio fue afectado por un déficit hídrico en el mes de septiembre, se registró una cobertura vegetal clasificada como planta muerta u objeto inanimado en los años 2011 y 2012, y Planta enferma para los años 2013 al 2017.

Por otro lado, a partir del 2018, 2019 y 2020, se observa que va mejorando la vegetación, disminuyendo el porcentaje del área de cobertura clasificada como planta enferma o cobertura con estrés hídrico, debido a las precipitaciones y reservas de agua que influyeron en la permanencia del follaje en la vegetación. Por último, en el 2021 se observó una mayor recuperación de la cobertura vegetal, obteniendo un 88 % de áreas con cobertura clasificada como planta moderadamente saludable y 12 % del área se registró como planta enferma o con estrés hídrico, debido a las reservas de agua acumuladas que permitieron su conservación.

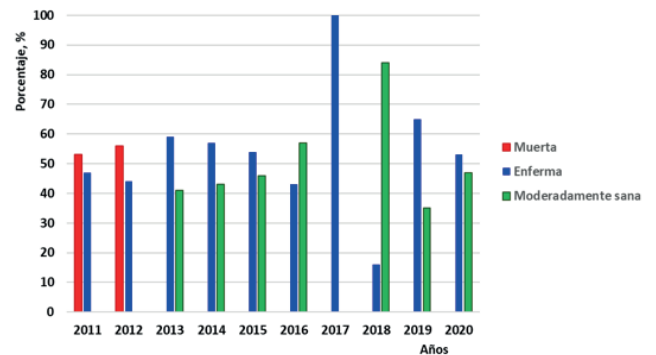


Figura 8. Porcentaje por estado de conservación de la cobertura vegetal NDVI (2011 - 2021)

En el Bosque Chiquitano, las especies *Phyllostylon rhamnoides*, *Gallesia integrifolia*, *Chrysophyllum gonocarpon*, *Piper amalago*, *Acacia polyphylla* y *Achatocarpus praecox* poseen los valores más elevados, por lo cual tienen una mayor importancia dentro de la comunidad florística muestreada.

Entre otras especies importantes se pueden mencionar: *Acacia polyphylla*, *Achatocarpus praecox*, *Tripalis americana*, *Myrciaria cauliflora*, *Neea sp.*, *Anadenanthera colubrina*.

Este resultado muestra que la formación vegetal en esta zona es de *Phyllostylon rhamnoides*, *Gallesia integrifolia*, *Chrysophyllum gonocarpon* y *Piper amalago*.

En el Bosque Chaqueño, las especies *Phyllostylon rhamnoides*, *Eugenia ligustrina*, *Tabebuia nodosa* y *Caparis retusa* poseen los valores más elevados, por lo cual tienen una mayor importancia dentro de la comunidad florística muestreada. Entre otras especies importantes se pueden mencionar: *Myrciaria cauliflora*, *Aspidosperma triternatum* y *Ziziphus guaranitica*. Este resultado muestra que la formación vegetal en esta zona es de las especies *Phyllostylon rhamnoides*, *Eugenia ligustrina*, *Tabebuia nodosa* y *Caparis retusa*.

REFERENCIAS

- BIÓLOGOS, A. D. (2015). La importancia Histórica y Ecológica del Jardín Botánico. Santa Cruz de la Sierra.
- CAPADOR, Y., GONZÁLEZ, G., & SUAREZ, P. (2021). Análisis de la cobertura vegetal en incendios forestales mediante índices espectrales: caso de estudio Cerros Orientales (Bogotá, Colombia). UNILIBRE, AVANCES: Investigación en ingeniería, 16.
- CECEÑA, M., GONZÁLEZ, R., SOLÍS, A., DELGADILLO, J., LUNA, L., & ORTEGA, A. (2021). Evaluación de cambios en la cobertura vegetal en Isla Guadalupe mediante índices de vegetación. MaderayBosquesvol.27, núm.1, 27(1).
- CONVENTION ON BIOLOGICAL DIVERSITY. (13 de mayo de 2016). Obtenido de Convention on Biological Diversity: <https://www.cbd.int/convention/text>
- HASSAN, S., IRFAN, M., BINTE, A., AHMAD, I., & GHAYOOR, S. (2021). Evaluación de la deforestación en bosques subtropicales utilizando datos de terrenos espaciotemporales. Revista CFORE, 205-225.
- MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE Y AGUA. (2013). Memoria Técnica Mapa de Bosque 2013 (Clasificación por tipo de bosque). Bolivia.
- MONTERROSO, A., & GÓMEZ, J. (2021). Impacto del cambio climático en la evapotranspiración potencial y periodo de crecimiento en México. Terra Latinoamericana, 1-19.
- NAVARRO, BARRA, D. L., RUMIZ, & FERREIRA. (2008). Criterios para evaluar el estado actual de conservación y degradación de los bosques de Bolivia. 01-18.
- POMA, M., & USCA, M. (2020). Estimación del balance hídrico climático (BHC) de las microcuencas del cantón Joya de los Sacha, Orellana. FIPCAEC, 3-26.
- SENAMHI. (noviembre de 2021). Base de datos Sistema Meteorológico - SIMET. Santa Cruz de la Sierra, Andrés Ibáñez, Bolivia
- SPINOZA, L., RENAUD, P., & ARAPA, F. (diciembre de 2015). Memoria 30 años Jardín Botánico Municipal de Santa Cruz de la Sierra. Santa Cruz, Andrés Ibáñez, Bolivia.
- UAGRM. (2015). INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA - BIODIVERSIDAD CONSERVACION Y EDUCACION AMBIENTAL EN EL JARDIN BOTANICO MUNICIPAL DE SANTA CRUZ DE LA SIERRA. Santa Cruz: Museo de Historia Natural Noel Kempff Mercado.
- UNIVERSIDAD DE SEVILLA. (29 de octubre de 2018). Balance Hídrico. España. WWF. (13 de marzo de 2018). WWF. Obtenido de WWF: <https://www.wwf.org.co/?324470/Glosario-ambiental-bosques-nativos-obosques-plantados-Cual-es-la-diferencia>

CITA

