

Anexo 3.

Uso de suelo y vegetación

**Estudio Técnico Justificativo y Programa para el Manejo y
Conservación Área Estatal de Protección Hidrológica**

El Bajío



**Medio Ambiente y
Desarrollo Territorial**

TIPOS DE VEGETACIÓN EN EL AEPH EL BAJÍO

El proyecto se elaboró con imágenes de satélite de alta resolución espacial, estas imágenes se obtuvieron de la plataforma PlanetScope, perteneciente a la compañía del mismo nombre. Se descargó un mosaico (compuesto por 4 bandas, tabla 1) de mapa base utilizando el plugin Planet Explorer versión 2.3.1, se utilizó la imagen más reciente en la plataforma, correspondiente al mes de enero del 2024 la cual pertenece al mapa base mundial “PS Tropical Normalized Analytc Monthly Monitoring” (Planet, 2023). Una vez descargada esta imagen se comenzó a procesar a través del software QGIS versión 3.34.1. Se estableció la escala de trabajo del mapa en 1:10 000 dado el tamaño de píxel de la imagen satelital (~5 m) (Tobler, 1987).

Tabla 1. Resolución espacial y espectral de bandas de Planet scope

Banda	Resolución (m)	Descripción
B01	4.43	Azul
B02	4.43	Verde
B03	4.43	Rojo
B04	4.43	Visible e infrarrojo cercano (VNIR)

Fuente: Elaboración propia con base en Planet (2023).

El mosaico se cortó usando como capa de máscara el área de estudio, delimitada por las microcuencas que se intersectan con el área del Bajío. A dichas 4 bandas se les añadió un modelo de elevación digital, un modelo de pendientes, así como el índice de vegetación normalizada (Bannari, 1995) y el índice de diferencia de agua normalizado (Gao, 1996) para mejorar la discriminación de las distintas clases.

El análisis implicó la clasificación de la cobertura de suelo. Esta clasificación cumple con los criterios sugeridos en Congalton y Green (2009), donde se menciona que deben ser mutuamente excluyentes, totalmente exhaustivas y jerárquicas. Se clasificaron los usos y coberturas en 10 categorías con base en los muestreos en campo, las clases del Panel Intergubernamental del Cambio Climático (IPCC), de la Agencia Espacial Europea (ESA), del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) y del Sistema Nacional de Monitoreo Forestal (SNMF). En la tabla 2, se muestra el contraste entre las distintas categorías empleadas.

Tabla 2. Categorías de uso de suelo y vegetación con base en CONAFOR (2020); INEGI (2021) y Zanaga et al (2021)

IPCC	INEGI	SNMF	Clasificación ESA worldcover	Categorías
Asentamientos (Settlements)	Urbano y Construido	Urbano construido	Construido (Built-up)	Urbano construido
Humedales (Wetlands)	Agua	Cuerpos de agua	Cuerpos de agua permanentes (Permanent water bodies)	Cuerpos de agua



Otras tierras (Other lands)	Bosque Cultivado	Bosque inducido	Cubierta forestal (Tree cover)	Bosque inducido
Otras tierras (Other lands)	Suelo Desnudo	Área desprovista de vegetación	Suelo desnudo/vegetación dispersa (bare/sparse vegetation)	Área desprovista de vegetación
Praderas (Grasslands)	Pastizales Cultivado e Inducido	Pastizal inducido	Pradera (Grassland)	Pastizal inducido
Tierra agrícolas (Croplands)	Tierras Agrícolas Cultivos anuales	Agricultura de temporal anual	Tierra agrícola (Cropland)	Agricultura de temporal anual
Tierras forestales (Forestlands)	Bosque de Encino-Galería	Bosque de encino	Cubierta forestal (Tree cover)	Bosque de encino
Tierras forestales (Forestlands)	Bosque de Encino-Galería	Bosque de encino-pino	Cubierta forestal (Tree cover)	Bosque de encino-pino
Tierras forestales (Forestlands)	Bosque de Encino-Galería	Bosque de pino-encino	Cubierta forestal (Tree cover)	Bosque de pino-encino
Tierras forestales (Forestlands)	Bosque de Encino-Galería	Vegetación secundaria arbustiva de bosque de encino	Matorral (Shrubland)	Vegetación secundaria arbustiva de bosque de encino

Fuente: Elaboración propia con base en CONAFOR (2020); Instituto Nacional de Estadística y Geografía (2021); Zanaga et al. (2022).

La clasificación del uso de suelo y vegetación se realizó mediante una clasificación semiautomática empleando una segmentación de objetos del mosaico base como superficie de clasificación en lugar de los píxeles en solitario (Blaschke & Strobl, 2001). La clasificación y segmentación se realizó mediante el algoritmo Radom Forest en contraste con máquinas vectoriales de soporte y segmentación respectivamente incluidos en el plugin Orfeo toolbox (OTB Development Team, 2018).

Los campos de entrenamiento y los puntos de evaluación de la precisión fueron obtenidos mediante un diseño de muestreo aleatorio estratificado utilizando como estratos de referencia una capa mixta que integra información de la clasificación de INEGI, SNMF y de la ESA (Richards, 2022; Stehman y Foody , 2019; Zanaga et al., 2021). Se utilizó una cantidad promedio de 93 puntos por cada categoría de clasificación, (mayor al criterio mínimo empírico recomendado por Congalton y Green (2009) obteniendo un total de 931 puntos para toda el área.

Cabe destacar que las clases con una menor representación son cuerpos de agua (30 puntos) y bosque inducido (69) debido a su baja disponibilidad. Los puntos de muestreo se verificaron a través de inspección visual de imágenes de muy alta resolución de MAXAR en color real con 0.5m de resolución espacial, Puntos de muestreo del Inventario Nacional Forestal y de Suelos (CONAFOR, 2020), información del Sistema Nacional de Información biológica (CONABIO, 2023), puntos del inventario de arbolado del POFMET (Morales-Manilla, 2018) así como visitas a campo.

Una vez obtenido el mapa de tipos de vegetación se sometió a una revisión de la precisión a través de la metodología descrita por Congalton y Green (2009) mediante la función *accuracy*



del plugin Semi-automatic classification (Congedo, 2021). Esta revisión consiste en la aplicación de zonas muestrales correspondientes a los campos de entrenamiento del algoritmo de clasificación. Dentro de estos polígonos se contabilizó el número de píxeles que correspondían a uno u otro tipo de vegetación, el resultado de la contabilización se añadió a un matriz de confusión (tabla 3).

Tabla 3. Estructura de matriz de confusión en clasificación categórica binaria

		Predicción	
		Positivos	Negativos
Observación	Positivos	Verdaderos Positivos	Falsos Negativos
	Negativos	Falsos Positivos	Verdaderos Negativos

Fuente: Elaboración propia con base en Congalton y Green (2009).

Cuando se completó la matriz de confusión que contempla todos los casos posibles dentro de los polígonos de muestreo, se procedió a obtener la precisión global, que es el resultado de la sumatoria de todos los casos donde los puntos coinciden con el tipo de vegetación predicho, entre la sumatoria del total de puntos para la clasificación. La precisión de clase que corresponde a los puntos donde acertó el modelo de clasificación por tipo de vegetación y la precisión del usuario es la precisión del total de datos entre el número de datos acertados.

El resultado definitivo de la clasificación pasó por un último filtro para establecer el área mínima mapeable (Salitchev, 1979) empleando el algoritmo *polygon generalization* de SAGA GIS (Conrad, 2019) el área considerada fue de 1600 m², de acuerdo con lo establecido en la NOM-023-SEMARNAT-2001 y por Priego-Santander et al. (2008) para una escala de 1:10 000.



REFERENCIAS

- Bannari, A.; D. Morin, F. Bonn & A. R. Huete (1995) A review of vegetation indices, *Remote Sensing Reviews*, 13:1-2, 95-120, DOI: 10.1080/02757259509532298
- Blaschke, T. and J. Strobl, 2001. What's wrong with pixels? Some recent developments interfacing remote sensing and GIS. *GIS. Heidelberg: Huthig GmbH & Co.* 6:12-17.
- CONABIO. 2023. Sistema Nacional de Información sobre Biodiversidad. Registros de ejemplares de plantas. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. Consulta de 361 proyectos realizada el 2023-05-29 <http://geoportal.conabio.gob.mx/acceso/plantas/2023/05/29> Ciudad de México, México.
- CONAFOR. (2020). Guía de uso de los productos del sistema Satelital de Monitoreo Forestal: enfoque pared a pared. Documento técnico. Jalisco, México.
- CONAFOR. 2020. Inventario Nacional Forestal Y De Suelos. <https://snmf.cnf.gob.mx/datos-del-inventario/>
- Congalton, R.G., and K. Green, 2009. Assessing the accuracy of remotely sensed data: principles and practices, Second Edition. CRC Press, Boca Raton, FL, 208 pp
- Congedo, Luca, (2021). Semi-Automatic Classification Plugin: A Python tool for the download and processing of remote sensing images in QGIS. *Journal of Open Source Software*, 6(64), 3172, <https://doi.org/10.21105/joss.03172>
- Conrad, O. (2019). SAGA 9.3.1 | Tool Library Documentation. https://saga-gis.sourceforge.io/saga_tool_doc/9.3.1/shapes_polygons_23.html
- Gao, B. C. (1996). NDWI—A normalized difference water index for remote sensing of vegetation liquid water from space. *Remote sensing of environment*, 58(3), 257-266.
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía. (2021). Guía para la interpretación de cartografía: uso del suelo y vegetación: escala 1:250000: serie VII / Instituto Nacional de Estadística y Geografía—México. 268 p
- Morales Manilla, L.M., Hernández Magaña, A. I., Arizaga Pérez, S., Coba Pérez, P. C., García Martínez, C. B., Vargas Ramírez, N., Ramírez de Arellano, F. Inventario del Arbolado Público Urbano de la Zona Metropolitana de Guadalajara, Morelia, Centro de Investigaciones en Geografía Ambiental-Universidad Nacional Autónoma de México, 2018, 189 pp.
- OTB Development Team. (2018). OTB CookBook Documentation; CNES: Paris, France. p. 305.
- Planet. 2023. Planet Imagery Product Specifications. https://assets.planet.com/docs/Planet_Combined_Imagery_Product_Specs_letter_screen.pdf



- Priego-Santander, A; Bocc, G; Mendoza, M; Garrido, A. Propuesta para la generación semiautomatizada de unidades de paisajes, fundamentos y métodos. México: Instituto Nacional de Ecología, 2008, 98p.
- Richards, J., & Richards, A. (2022). Remote sensing digital image analysis (Vol. 5). Berlin/Heidelberg, Germany: Springer.
- Salitchev, K. 1979, Cartografía: La Habana: Cuba, Ministerio de Educación, Pueblo y Educación, 215 p
- Stehman, S., & Foody, G. (2019). Key issues in rigorous accuracy assessment of land cover products. *Remote Sensing of Environment*, 231, 111199.
- Tobler, Waldo. 1987. "Measuring Spatial Resolution", *Proceedings, Land Resources Information Systems Conference*, Beijing, pp. 12-16.
- Zanaga, D., Van De Kerchove, R., Daems, D., De Keersmaecker, W., Brockmann, C., Kirches, G., Wevers, J., Cartus, O., Santoro, M., Fritz, S., Lesiv, M., Herold, M., Tsendbazar, N.E., Xu, P., Ramoino, F., Arino, O., 2022. ESA WorldCover 10 m 2021 v200. <https://doi.org/10.5281/zenodo.7254221>

