

## **Correlación entre la disponibilidad de agua y la cantidad de carbono en el Área Natural Protegida “Sierra de Álvarez” mediante procesos de teledetección.**

### **Correlation between the availability of water and the amount of carbon in the “Sierra de Álvarez” Protected Natural Area through remote sensing processes.**

**<sup>1</sup> Karen Lizeth Cáceres Ruíz, <sup>2</sup> Abraham Cárdenas Tristán**

Universidad Autónoma de San Luis Potosí UASLP, Álvaro Obregón 64, Centro, 78300 San Luis, S.L.P, México. <sup>1</sup> karenlica18@gmail.com <sup>2</sup> carda25.ac@gmail.com

**Palabras clave:** Área natural protegida, Carbono, disponibilidad de agua, pago por servicios ambientales, Teledetección.

**Keywords:** Protected natural area, Carbon, water availability, payment for environmental services, Remote sensing.

La Sierra de Álvarez es una zona declarada como área natural protegida, la cual según el decreto de declaración como ANP del año 2000 debe ser manejada como “Área de Protección de Flora y Fauna”[1], de esta manera se considera una área importante tanto para el estado como para el país ya que ofrece Servicios Ambientales del Bosque (SAB), que son los beneficios que reciben las personas de los diferentes ecosistemas forestales, ya sea de manera natural o por medio de su manejo sustentable.

La caracterización y cuantificación de los recursos naturales en áreas naturales estratégicas son de gran importancia para el aprovechamiento económico y para el plan de manejo de las ANP, de manera que los recursos a considerar en este estudio son la cantidad de carbono y su relación con el recurso hídrico de la zona.

Las tecnologías geoespaciales como la percepción remota en la estimación de atributos forestales e hídricos ofrecen información consistente; además de facilitar análisis complejos en sectores de difícil acceso en las delimitaciones de las ANP. Así mismo, estas tecnologías permiten la interacción y la relación entre distintas variables del ecosistema. De esta manera el objetivo de esta investigación es estimar la cantidad de carbono arbóreo analizando la correlación entre la vegetación y la disponibilidad de agua[2] a partir de datos nacionales disponibles.

#### **Metodología.**

**Carbono:** Para realizar esta investigación se propone usar la integración de dos procesos metodológicos en el ámbito de la teledetección que permiten obtener información de recursos naturales como el carbono y el agua a través de las concentraciones de humedad- evapotranspiración y la biomasa aérea. Como primer paso se pretende estimar la cantidad de biomasa aérea a través del inventario nacional forestal y de suelo INFyS más reciente que

corresponde a los años 2009 al 2014, en esta información se encuentra datos dasométricos que fueron la base para integrarlos en formulas alométricas que permitieran calcular la biomasa aérea.

Para lo anterior se realizó una clasificación y depuración de los datos disponibles en INFyS, luego de ello una búsqueda detallada de las fórmulas alométricas que tuvieran mayor precisión por especie encontrada en el área. Además, se realizó un mapa de clasificación forestal que permitiera identificar el área por tipo de vegetación y un mapa con el cálculo de índice vegetal normalizado NDVI, al finalizar los cálculos alométricas se realizara una extrapolación de los datos teniendo en cuenta la clasificación vegetal del área y con los resultados de este proceso y los valores digitales de NDVI se relacionaran a través de regresión en un modelo exponencial para de esta manera tener mayor precisión en la predicción de la biomasa aérea y por consiguiente de carbono, los resultado se dará en Ton/ha de biomasa área para luego estimar el contenido a de carbono.

**Disponibilidad de agua:** Se realiza través del cálculo de la evapotranspiración (ET) esto se llevarán a cabo con la metodología FAO56 que incorpora el coeficiente de cultivo “dual” (Kc) bajo una relación directa con la vegetación obtenida por los índices normalizados de vegetación y agua (NDVI y NDWI) [1], Para el caso de estudio se realizará un ajuste de modelo del Kc mediante regresión lineal para vegetación natural de bosque, teniendo en cuanta las características vegetales del ANP.

Los cálculos de disponibilidad de agua y carbono se analizarán de forma temporal con imágenes e información climatológica de los años 2009 al 2014, considerando la época de lluvia y la época seca, Los resultados de esta investigación serán presentados en mapas temáticos que muestran los promedios tanto de la disponibilidad de agua dado por el médelo Kc como de la cantidad de carbono en el área de estudio.

Con los datos obtenidos es posible valorizando puntos estratégicos como sumideros de carbono bajo los estándares actuales del mercado nacional e internacional de los servicios ecosistémicos.

**Resultados preliminares:** Hasta el momento hay 19 especies identificadas en 15 tipo de vegetación, las unidades de muestreo son 806 en un área de 16.000 ha

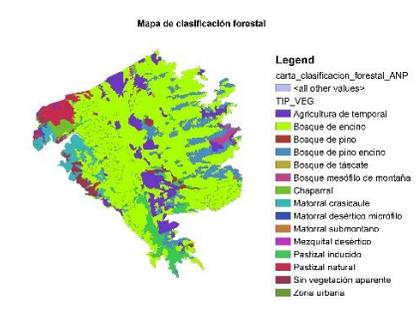
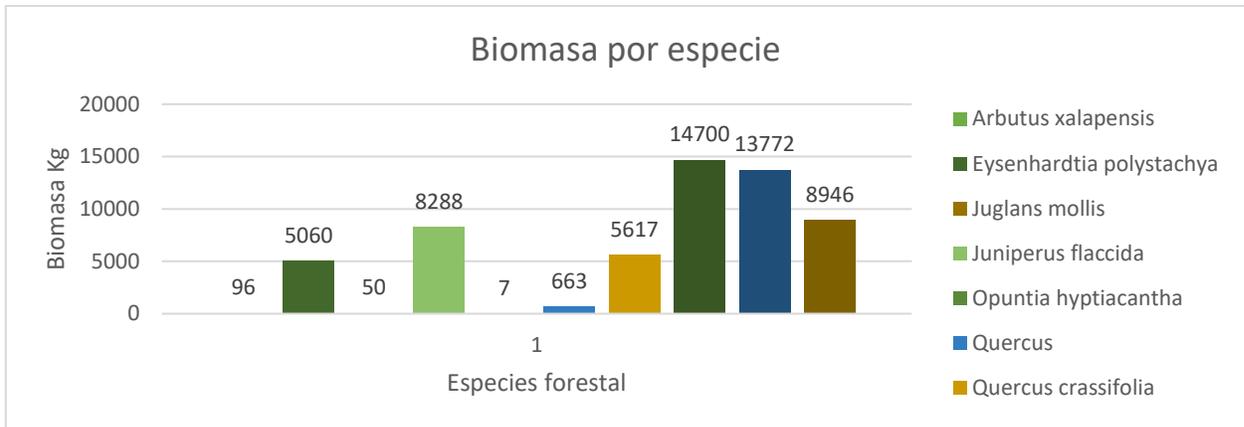


Ilustración 1 Mapa de clasificación Forestal

No	NombreCien	Ecu_a_Lome
1	Arbutus xalapensis	$0.3764 * DN^2 - 2.3146 * DN - 1.9106$
2	Eysenhardtia polystach	$(703.71 * X^0.8605)$
3	Juglans mollis	$(10^{-1.417} * X^2.755)$
4	Juniperus flaccida	$(Exp(-1.6469) * X^2.1255)$
5	Opuntia hyptiacantha	$(10^{-0.8092} * (0.3 * X * Z)^{0.8247})$
6	Quercus	$(0.092 * X^2.448)$
7	Quercus crassifolia	$(0.283 * (X^2 * Z)^{0.807})$
8	Quercus laeta	$(0.0333 * X^2.6648)$
9	Quercus mexicana	$(0.089 * X^2.5226)$
10	Quercus obtusata	$(Exp(-2.754) * X^2.574)$

Tabla 1 Ecuaciones Alométricas



Gráfica 1 Contenido de biomasa por especie.

Total biomasa, kg  
57199.3659

En la siguiente gráfica se muestra el comportamiento del histograma del NDVI y se puede apreciar en que valores se muestra la mayor cantidad de píxeles, mostrando el pico más alto entre 0 y 0.5 lo que nos indica un porcentaje representativo de área en la cual se tiene abundancia de vegetación densa

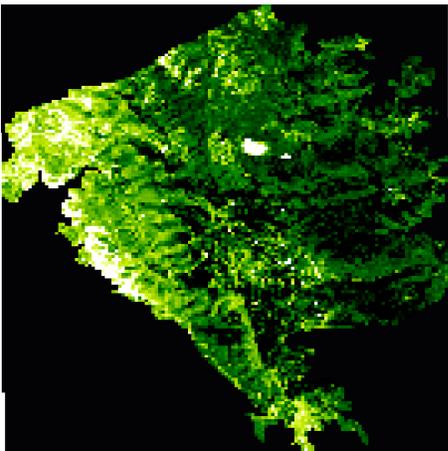


Ilustración 2 Mapa NDVI

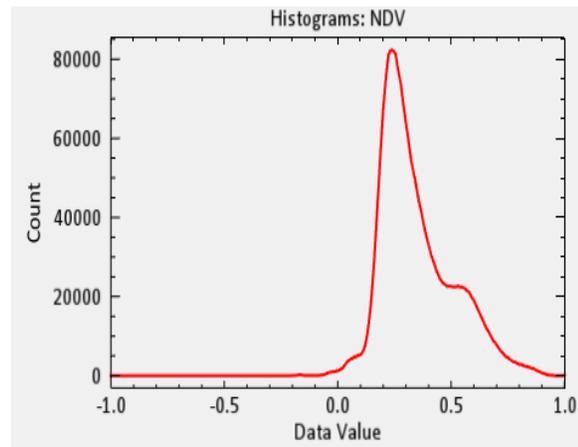


Ilustración 3 Histograma NDVI

Basic Stats	Min	Max	Mean	StdDev
Band 1	-1.00	1.00	0.35	0.16

Los valores de los píxeles que resulta del cálculo de bandas tienen un rango de -1 a +1, donde los valores menores a 0 asociados a superficies brillantes sin presencia de vegetación o agua y los mayores a 0 asociados a presencia de agua y vegetación. Cuanto más se acerca a 1, mayor es el contenido de agua.

En la siguiente gráfica se observa el histograma que representa la distribución de los valores dentro de la imagen, encontrando el pico más alto entre -0.5 y 0, representado con color verde

con un promedio de -0.117385 y una desviación estándar de 0.097857. esto indica que existe un gran porcentaje de pixeles que representan vegetación u otros atributos del área.

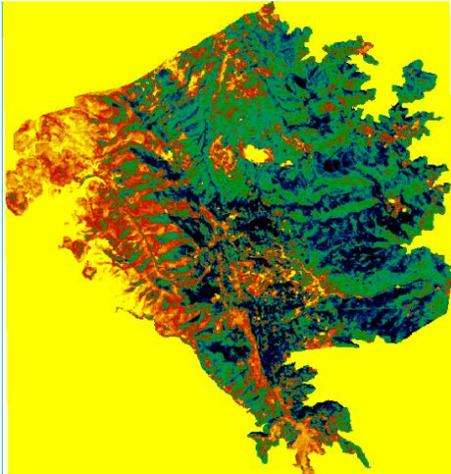


Ilustración 4 Mapa NDWI

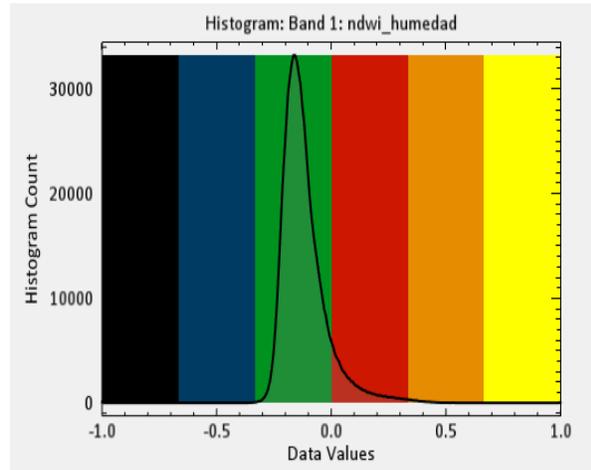


Ilustración 5 Histograma NDWI

Basic Stats	Min	Max	Mean	Stdev
Band 1	-1	1	-0.11738	0.097857

### Bibliografía.

- [1] DOF, “ACUERDO que tiene por objeto dotar con una categoría acorde con la legislación vigente a las superficies que fueron objeto de diversas declaratorias de áreas naturales protegidas emitidas por el Ejecutivo Federal.,” *132.248.65.10*, 2000. [Online]. Available: <http://132.248.65.10/infjur/leg/docleg/fed/indices/2000/oct/26102000.pdf>.
- [2] J. de J. A. Fuentes Junco, “Cuencas y áreas naturales protegidas : el manejo integrado de los recursos naturales en el Pico de Tancítaro , Michoacán,” pp. 35–46, 2002.
- [3] N. I. Gasparri, M. G. Parmuchi, J. Bono, H. Karszenbaum, and C. L. Montenegro, “Utilidad de imágenes Landsat 7 ETM+ de diferentes fechas para la estimación de biomasa aérea en bosques subtropicales secos de Argentina,” *Congr. la Asoc. Española Teledetección*, p. 9, 2007.