

DOI: <https://doi.org/10.56712/latam.v6i1.3588>

Relación entre el Índice de Vegetación NDVI, Temperatura Superficial y Radiación Solar en Áreas Urbanas de la Parroquia Calderón, Quito, Ecuador, analizada en base de Teledetección

Relationship between NDVI Vegetation Index, Surface Temperature and Solar Radiation in Urban Areas of Calderón Parish, Quito, Ecuador, analyzed based on Remote Sensing

Jaime Vladimir Sancho Zurita

jsancho@itsjapon.edu.ec
<https://orcid.org/0000-0002-5915-2100>
Instituto Tecnológico Superior Japón
Quito – Ecuador

Ximena Luz Crespo Nuñez

xcrespo@udet.edu.ec
<https://orcid.org/0000-0001-9622-089X>
Universidad de Especialidades Turísticas
Quito – Ecuador

Anthony Danilo Espinoza Altamirano

engtony2022@gmail.com
<https://orcid.org/0009-0008-0855-010X>
Investigador Independiente
Estados Unidos

Sergio Vinicio Lasso Barreto

slasso@udet.edu.ec
<https://orcid.org/0000-0002-1606-1524>
Universidad de Especialidades Turísticas
Quito – Ecuador

Vicente Orley Ochoa Quezada

vochoa@udet.edu.ec
<https://orcid.org/0009-0001-4224-8261>
Universidad de Especialidades Turísticas
Quito – Ecuador

Artículo recibido: 27 de febrero de 2025. Aceptado para publicación: 13 de marzo de 2025.
Conflictos de Interés: Ninguno que declarar.

Resumen

El presente estudio analiza las relaciones entre el Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI), la Temperatura Terrestre Superficial (LST, por sus siglas en inglés) y la Radiación Solar en unidades de W/m^2 , en la parroquia urbana de Calderón, Quito, Ecuador en diferentes ecosistemas terrestres. Utilizando datos satelitales y herramientas estadísticas, se evaluaron las correlaciones entre estas variables, con el fin de identificar patrones que permitan entender mejor los efectos de la radiación solar y la cobertura vegetal sobre las temperaturas superficiales. Se encontraron relaciones inversas significativas entre NDVI y LST ($r = -0.75$), mientras que LST y Radiación Solar mostraron una fuerte correlación positiva ($r = 0.85$). Estos resultados sugieren que la vegetación densa modula las temperaturas superficiales, incluso bajo altos niveles de radiación solar, lo que resalta la importancia


de la cobertura vegetal en la regulación térmica del suelo

Palabras clave: cobertura vegetal, radiación solar, regulación térmica, datos satelitales

Abstract

The present study analyzes the relationships between the Normalized Difference Vegetation Index (NDVI), Land Surface Temperature (LST) and Solar Radiation in units of W/m^2 , in the urban parish of Calderón, Quito, Ecuador in different terrestrial ecosystems. Using satellite data and statistical tools, the correlations between these variables were evaluated, in order to identify patterns that allow a better understanding of the effects of solar radiation and vegetation cover on surface temperatures. Significant inverse relationships were found between NDVI and LST ($r = -0.75$), while LST and Solar Radiation showed a strong positive correlation ($r = 0.85$). These results suggest that dense vegetation modulates surface temperatures, even under high levels of solar radiation, highlighting the importance of vegetation cover in soil thermal regulation.

Keywords: vegetation cover, radiation, thermal regulation, satellites

Todo el contenido de LATAM Revista Latinoamericana de Ciencias Sociales y Humanidades, publicado en este sitio está disponibles bajo Licencia Creative Commons. 

Cómo citar: Sancho Zurita, J. V., Crespo Nuñez, X. L., Espinoza Altamirano, A. D., Lasso Barreto, S. V., & Ochoa Quezada, V. O. (2025). Relación entre el Índice de Vegetación NDVI, Temperatura Superficial y Radiación Solar en Áreas Urbanas de la Parroquia Calderón, Quito, Ecuador, analizada en base de Teledetección. *LATAM Revista Latinoamericana de Ciencias Sociales y Humanidades* 6 (1), 3505 – 3517. <https://doi.org/10.56712/latam.v6i1.3588>

INTRODUCCIÓN

La parroquia de Calderón es una zona al norte de Quito con características mixtas en cuanto al uso del suelo, incluyendo:

- Áreas urbanas densas (zonas residenciales e industriales).
- Áreas periurbanas y rurales con presencia de cultivos y vegetación.
- Áreas de expansión urbana, con suelos desnudos y obras de construcción.

Dado este contexto, los valores de NDVI reflejarán la diversidad del uso del suelo en Calderón.

Figura 1

Parroquia de Calderón



Fuente: Google earth (2025)

En áreas urbanas, el crecimiento descontrolado y la pérdida de vegetación contribuyen al aumento de la temperatura superficial, lo que agrava problemas ambientales y de calidad de vida. El Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI) es una métrica clave para evaluar la cobertura vegetal, mientras que la Temperatura Terrestre Superficial (LST) refleja el calentamiento local. En este contexto, la radiación solar también desempeña un papel crucial como motor del calentamiento en áreas expuestas. Este artículo busca explorar la interacción entre estos factores en Calderón, una parroquia urbana en Quito, Ecuador.

Existen diferentes estudios que demuestran que la teledetección es una herramienta que sirve para monitorear la vegetación, la humedad, la evapotranspiración que sucede en nuestro planeta.

Se evaluó la utilidad de los datos satelitales de evapotranspiración para predecir el estrés hídrico en cultivos. Utilizando datos a largo plazo de Bulgaria, se compararon índices de estrés hídrico derivados de satélites con medidas de humedad del suelo. Los resultados mostraron una fuerte correlación entre ambos, confirmando que los índices de estrés basados en evapotranspiración pueden ser indicadores tempranos de sequía. Estos hallazgos respaldan el uso de datos satelitales para monitorear la disponibilidad de agua en el suelo y evaluar la gravedad de las sequías en regiones agrícolas. (Stoyanova, J. S., Georgiev, C. G., & Neytchev, P. N., 2023).

La teledetección por satélite es una herramienta fundamental para estudiar las sequías a gran escala. Al combinar múltiples sensores, se pueden analizar diversos aspectos de la sequía, como su impacto en la vegetación, el suelo y los sistemas hidrológicos. Este estudio revisa los avances en la utilización de datos satelitales para entender mejor los mecanismos de la sequía, desde sus causas hasta sus consecuencias. Los autores concluyen que la teledetección multisensorial ofrece una perspectiva única para monitorear y predecir eventos de sequía, y proponen futuras investigaciones para mejorar aún más estas técnicas. (Jiao, W., Wang, L., & McCabe, M. F., 2021, y Anderson, M., 2021).

El siguiente estudio analiza el impacto del rápido crecimiento urbano de Gran Accra, Ghana, en la temperatura superficial y la cobertura terrestre entre 2002 y 2020. Al aumentar las áreas construidas y disminuir la vegetación, se ha formado una isla de calor urbana. Los resultados muestran una fuerte correlación entre el aumento de la temperatura y la disminución de la vegetación, y una mayor heterogeneidad en el desarrollo urbano. Estos hallazgos resaltan la necesidad de políticas de planificación urbana sostenibles para mitigar los efectos adversos de la urbanización en la región. (Guha, S., Govil, H., & Dey, A., 2020).

Examina la captura de carbono por los árboles del bosque municipal protegido de Quito y su influencia en la atenuación de las olas de calor. Se emplean análisis satelitales y datos in situ para determinar el índice de vegetación y la cantidad de carbono absorbido. Los hallazgos se comparan con investigaciones previas en Ecuador y Sudamérica para establecer la contribución del bosque a la compensación de emisiones urbanas y la regulación térmica. Los resultados revelan la importancia de los bosques urbanos en la mitigación del cambio climático y las olas de calor, subrayando la necesidad de su preservación. (Crespo Nuñez, X. L., Monge Amores, L. E., & Sancho Zurita, J., 2023)

En el siguiente estudio analiza la salud del Parque Metropolitano Guangüiltagua en Quito mediante imágenes satelitales y los índices espectrales NDVI, SAVI y NDWI. Se evaluó la vegetación y la presencia de agua, destacando la importancia de la teledetección y el uso de satélites como Sentinel-2. El análisis comparativo de estos índices reveló información sobre la densidad de la vegetación, la posible escasez de agua y la relación entre ambos elementos. Los resultados muestran la utilidad de estos índices para comprender la dinámica de los ecosistemas y su respuesta a factores como el estrés hídrico. La investigación destaca la importancia de la teledetección para el seguimiento de ecosistemas y la detección de cambios ambientales. (Sancho Zurita, J. V., Samaniego Garrido, R. A., Sancho Solano, M. P., & Crespo Nuñez, X. L. 2024).

Este estudio combina datos satelitales Sentinel-2 y aprendizaje profundo, se analiza un área extensa, recolectando datos de biomasa y carbono mediante mediciones de campo. Se procesaron imágenes satelitales y se calcularon índices de vegetación como NDVI y EVI. Utilizando una red neuronal convolucional (CNN), se modeló la biomasa forestal, obteniendo mapas detallados de la distribución espacial de biomasa y carbono. Este enfoque innovador, que integra datos de alta resolución y redes neuronales, ofrece un método robusto y escalable para estimar el carbono en bosques extensos, con potencial para diversas aplicaciones forestales y geográficas; en este estudio se proyecta a utilizar las redes neuronales en análisis de suelos y temperaturas, entre otros, basado en teledetección. (Sancho Zurita, J. V., Crespo Nuñez, X. L., Samaniego Garrido, R. A., Sancho Solano, M. P., & Cadena Echeverría, G. N. 2024).

METODOLOGÍA

Área de Estudio: La investigación se realizó en Calderón, parroquia urbana de Quito. Se recopilaban datos satelitales y meteorológicos del área durante un período determinado.

Datos Utilizados

NDVI: Datos de vegetación obtenidos de imágenes satelitales.

LST (Temperatura Superficial): Medidas en Kelvin tomadas por sensores térmicos.

Radiación Solar: Datos en W/m^2 recopilados de estaciones meteorológicas.

Procesamiento de Datos

Los datos fueron analizados mediante herramientas estadísticas (correlación y regresión múltiple) para identificar la relación entre las variables. Se realizaron gráficos de dispersión y mapas temáticos para la visualización espacial.

Análisis Cuantitativo

Se evaluaron correlaciones entre NDVI, LST y Radiación Solar.

Se utilizó regresión lineal para determinar el impacto relativo de la cobertura vegetal y la radiación en la temperatura.

DESARROLLO

Resolución espacial

Representa el tamaño mínimo de un objeto que puede detectarse en la imagen. Por ejemplo, si tiene una resolución de 10 metros, significa que cada píxel cubre un área de 10x10 metros en el terreno. Paz-Pellat, F., Castillo, E., Cabrera, J. C., & Medrano, E. (2018).

Resolución espectral

Define las bandas de luz (longitudes de onda) que el sensor satelital es capaz de capturar. Esto incluye el espectro visible (rojo, verde, azul) y otros rangos como el infrarrojo cercano, infrarrojo térmico, etc. Vargas-Zapata, M., Medina-Sierra, M., Galeano-Vasco, L. F., & Cerón-Muñoz, M. F. (2022).

Resolución temporal

Se refiere a la frecuencia con la que un satélite puede capturar imágenes de la misma área. Algunos satélites tienen resoluciones temporales de un día, mientras que otros pueden tomar imágenes cada poco día. Saavedra Huanca, M., & Zubieta Barragán, R. (2024)

Colores y bandas espectrales

Los colores que aparecen en la imagen satelital pueden corresponder a combinaciones de bandas espectrales. Por ejemplo:

Color natural: Representa lo que un ojo humano vería.

Color falso: Utiliza otras combinaciones de bandas para resaltar ciertas características (vegetación, cuerpos de agua, áreas urbanas, etc.). Ruiz, J. I. G., Camacho, J. M. B., Sánchez, E. O. B., & Rodríguez, A. P. A. (2024).

Elementos geográficos

Cuerpos de agua: Aparecen oscuros o reflejantes dependiendo de la claridad y el tipo de agua.

Vegetación: Normalmente se muestra en verde (o rojo en falso color usando infrarrojo cercano).

Zonas urbanas: Suelen aparecer en colores grises o blancos.

Topografía: Las sombras y texturas pueden dar pistas sobre la elevación y el relieve.

Análisis de patrones

La identificación de patrones, como redes de drenaje, carreteras, distribución de vegetación, y tipos de suelo. Hernández Cuevas, M. (2021)

Interpretación de NDVI

El valor de NDVI oscila entre -1 y 1

Valores negativos (entre -1 y 0): Indican superficies como agua, nieve o nubes, donde no hay presencia de vegetación.

Valores cercanos a 0: Representan suelos desnudos o áreas urbanas con muy poca o ninguna vegetación.

Valores entre 0.2 y 0.5: Corresponden a vegetación escasa o moderada (pastizales, cultivos iniciales, etc.).

Valores superiores a 0.5: Indican áreas con vegetación densa y saludable, como bosques o cultivos en buen estado.

Ejemplo de rangos

$NDVI < 0$: Agua o áreas sin vegetación.

$0 \leq NDVI \leq 0.2$: Suelo desnudo o áreas urbanas.

$0.2 < NDVI \leq 0.5$: Vegetación escasa o moderada.

NDVI > 0.5: Vegetación densa.

LST: Temperatura Terrestre Superficial

Las actividades humanas son la principal causa del aumento de la temperatura terrestre superficial, lo que a su vez desencadena el cambio climático. Para comprender mejor estos procesos, es fundamental analizar la relación entre las variaciones de la temperatura superficial y los índices de vegetación. La teledetección, una técnica que utiliza imágenes satelitales, ha emergido como una herramienta clave en esta investigación, permitiendo monitorear de cerca los cambios en la temperatura superficial y su impacto en los ecosistemas. Zuluaga Gómez, O. A., Patiño Quinchía, J. E., & Valencia Hernández, G. M. (2021)

Características principales de LST

Unidad

Normalmente en Kelvin (K).

Conversión a Celsius: $T^{\circ}C = TK - 273.15$ $T_{\{^{\circ}C\}} = T_{\{K\}} - 273.15$ $T^{\circ}C = TK - 273.15$.

Propósito

Indica la temperatura radiativa emitida por la superficie terrestre (suelo o vegetación), capturada mediante sensores térmicos como el LST de Sentinel-3.

Se utiliza para aplicaciones como:

Estudios climáticos.

Modelado agrícola

Monitoreo de la urbanización y el efecto de isla de calor.

Formato

El valor de tipo float implica que tiene varios decimales para mayor precisión, por ejemplo: LST = 305.67 K (equivale a 32.52 °C).

Consideraciones

Puede incluir máscaras de calidad (píxeles con datos inválidos o contaminados por nubes).

Es sensible a condiciones como cobertura de nubes, humedad atmosférica y emisividad superficial.

RESULTADOS

A continuación, se presenta la información resumida y obtenida del satélite Sentinel-3

Tabla 1

Resultados de NDVI, LST,y Radiación solar

NDVI	LST (K)	Radiación Solar(Wh/m ² /día)
0.57175	290.844	173819.52
0.5736	290.65	174186.12
0.50549996	292.658	175931.14
0.4847	297.028	170799.25
0.54074997	289.312	174851.05
0.55434996	287.728	175282.36
0.21499999	281.982	176145.02
0.5592	290.914	176576.33
0.3595	288.574	170945.52
0.5972	292.294	169763.42
0.5686	291.602	174814.8
0.3612	284.648	176116.22
0.60209996	290.798	171454.67
0.70989996	295.864	158362.77
0.56694996	290.186	175527.97
0.30844998	282.784	172667.88
0.12045	279.754	171508.83
0.49809998	288.866	169190.73
0.72174996	298.364	158931.69
0.74025	297.702	158512.42
0.6209	296.522	169542.03
0.56355	296.1	171346.53

0.57465	291.17	173151.02
0.51164997	292.762	178196.44
0.43164998	309.004	154196.83
0.62909997	296.188	169871.86
0.72894996	294.708	166055.67
0.58785	290.544	172987.84
0.60499996	287.788	178426.45
0.62514997	293.014	172415.42
0.3357	288.186	177733.12
0.50925	299.334	160515.89
0.5736	293.718	168950.9
0.5203	290.564	177930.31
0.5736	293.718	169254.25
0.5139	292.312	170222.69
0.5266	291.064	172159.56
0.61759996	287.726	177698.17
0.68705	293.49	165436.55
0.3823	307.942	156205.06
0.53145	290.514	168575.9
0.4881	291.26	170539.27
0.52985	290.56	172502.62
0.5309	288.29	173484.3
0.5481	288.576	174465.97
0.58204997	288.348	177013.81
0.58204997	288.348	177201.08
0.59955	287.414	177388.34
0.60249996	302.094	143515.9
0.67585	298.784	143906.95

0.3823	307.942	156260.3
0.49624997	291.392	166876.17
0.5337	290.87	168866
0.5507	290.534	171850.75
0.52245	289.866	172845.67
0.54975	289.022	174835.52
0.57054996	293.826	176825.34
0.6152	304.132	142731.62
0.59015	305.224	143096.61
0.64435	298.066	143826.55
0.64435	298.066	144191.53
0.39855	305.71	156315.52
0.54219997	303.508	157019.44
0.55885	289.992	164115.31
0.49374998	289.988	165123.47
0.5699	290.36	168147.94
0.56084996	289.552	170164.27
0.53725	291.182	171172.42
0.52685	290.404	173188.73
0.54065	290.694	174196.89
0.6983	298.372	143120.5
0.66385	298.63	144137.2
0.63275	296.72	144476.1
0.6325	298.994	144815
0.29705	314.052	152038.73
0.39855	305.71	156370.73
0.47954997	304.048	157092.73
0.52615	289.428	168424.81

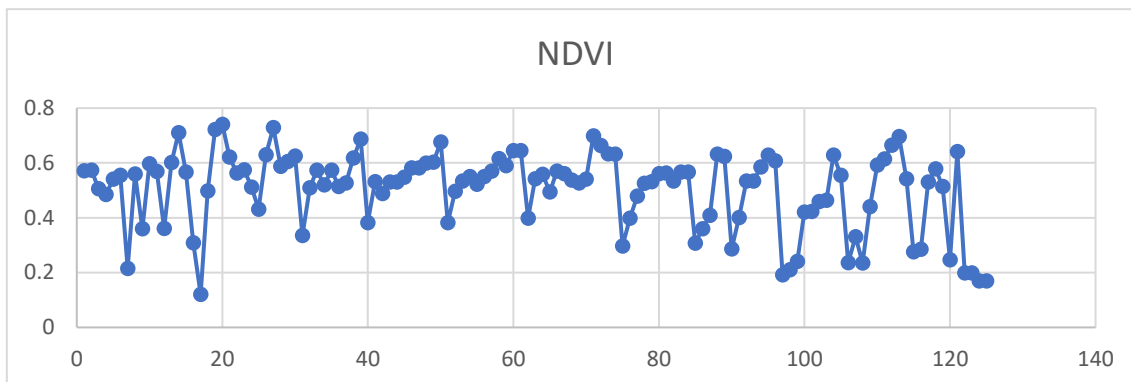
0.53145	290.782	169446.2
0.56084996	289.552	170467.6
0.56345	290.906	171489
0.53405	289.39	173531.78
0.5664	299.39	145073.5
0.5664	299.39	145386.31
0.3073	313.364	151985.48
0.35985	306.88	157166.03
0.40855	306.106	157906.11
0.6317	297.948	145045.23
0.62364995	298.996	145331.98
0.28585	313.008	149076.53
0.40109998	306.114	157239.33
0.5334	302.172	160271.95
0.5334	302.172	161030.11
0.58505	297.268	162691.28
0.62869996	298.794	145590.48
0.6078	299.036	145851.16
0.1919	309.486	148450.17
0.2104	313.352	148847.05
0.2411	312.768	149045.47
0.4201	308.656	153431.47
0.42284998	306.212	154207.7
0.45865	306.296	156536.4
0.46385	306.154	157312.64
0.62869996	298.794	145743.5
0.5554	301.058	145995.4
0.2356	311.414	148448

0.3312	310.594	148817.62
0.23474999	311.978	149002.44
0.44094998	308.49	154172.75
0.5919	291.27	174721.7
0.61425	289.668	176854.94
0.66429996	298.01	144749.14
0.6956	300.698	145270.08
0.5421	302.37	146572.42
0.2762	311.986	148602.31
0.2853	313.246	148774.88
0.5305	300.358	146107.56
0.578	300.884	146645.62
0.5135	297.862	145886.06
0.247	307.2	148245.31
0.6415	296.706	147078.16
0.1987	297.606	76716.055
0.1987	297.606	77737.21
0.1697	295.87	76986.79
0.1697	295.87	77995.47

En base a la tabla anterior se obtuvo el siguiente gráfico

Gráfico 1

Valores de NDVI de la parroquia Calderón



Fuente: elaboración propia

Análisis de los valores de NDVI

Rango de valores

Los valores de NDVI en tu columna oscilan entre:

Mínimo: 0.12045 (valor más bajo)

Máximo: 0.741 (valor más alto, aunque cercano a 0.7+ varias veces).

Clasificación de los valores según el rango de NDVI

Según la escala de NDVI, los valores se pueden agrupar en diferentes categorías:

Tabla 1

Categorías

Rango de NDVI	Interpretación
< 0	Agua (no hay valores en esta categoría en tu columna).
0 - 0.2	Suelos desnudos o áreas no vegetadas (por ejemplo, urbano).
0.2 - 0.5	Vegetación escasa o moderada.
> 0.5	Vegetación densa y saludable.

Con esta escala

Vegetación densa y saludable: La mayoría de los valores en tu columna superan 0.5, lo que indica que hay una gran presencia de vegetación saludable en la región analizada.

Vegetación moderada: Hay valores que oscilan entre 0.2 y 0.5 (por ejemplo, 0.3595, 0.3612), lo que podría corresponder a áreas con vegetación dispersa o en crecimiento.

Suelos desnudos: Algunos valores menores a 0.2 (como 0.12045, 0.1987) podrían representar suelos desnudos o áreas no vegetadas.

Interpretación de los valores de NDVI en Calderón

Como se mencionó antes, los valores de NDVI en la lista varían de 0.12045 (mínimo) a 0.741 (máximo). Esta distribución permite identificar las siguientes categorías dentro de la parroquia:

Áreas urbanas o sin vegetación (NDVI < 0.2)

Valores detectados: Algunos valores cercanos a 0.12, 0.19, 0.23, y 0.28.

Posibles ubicaciones: Estas áreas probablemente corresponden a zonas urbanizadas (residenciales, industriales o comerciales) o terrenos desnudos donde hay poca o nula vegetación, como en construcciones recientes o suelos erosionados.

Interpretación: Calderón tiene un alto grado de urbanización, lo que explica la presencia de estos valores.

Vegetación escasa o moderada (NDVI 0.2 - 0.5)

Valores detectados: Numerosos valores caen en este rango (por ejemplo, 0.35, 0.4, 0.48, 0.5).

Posibles ubicaciones: Estas áreas podrían corresponder a zonas con vegetación dispersa, como pastizales, cultivos en crecimiento o espacios verdes urbanos, como parques o jardines.

Interpretación: La mezcla de áreas urbanas y periurbanas en Calderón es consistente con esta categoría. También podría reflejar cultivos pequeños o degradados.

Vegetación densa y saludable (NDVI > 0.5)

Valores detectados: La mayoría de los valores en tu lista superan 0.5 (por ejemplo, 0.57, 0.6, 0.7, 0.74).

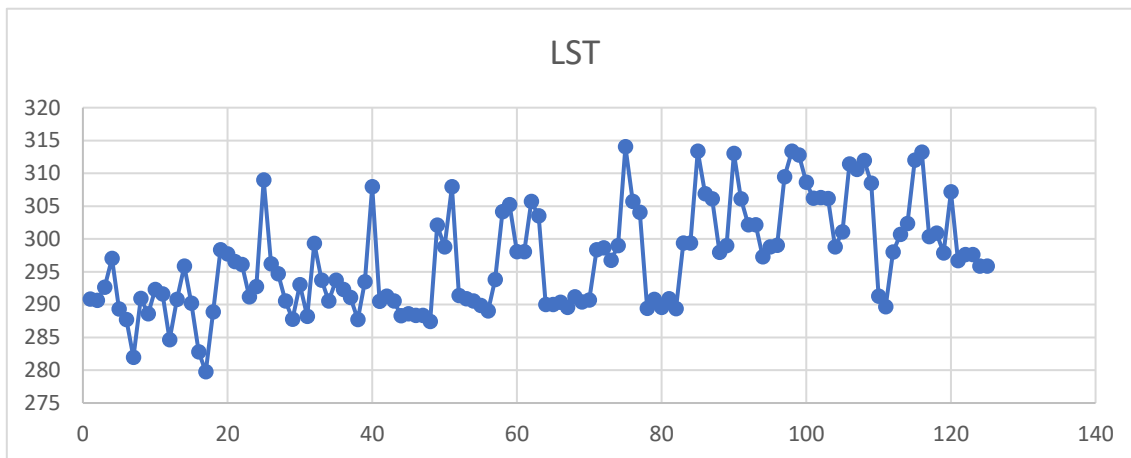
Posibles ubicaciones: Estas áreas probablemente corresponden a zonas rurales en los alrededores de Calderón, donde todavía se pueden encontrar campos agrícolas o vegetación natural. También podrían incluir áreas de reforestación o zonas bien manejadas.

Interpretación: La predominancia de valores altos de NDVI es un buen indicador de que la parroquia aún conserva importantes áreas de vegetación saludable.

A continuación, se muestra el gráfico de temperatura basado en los datos obtenidos del satélite Sentinel 3:

Gráfico 2

Valores de LST (Temperatura) de la parroquia Calderón

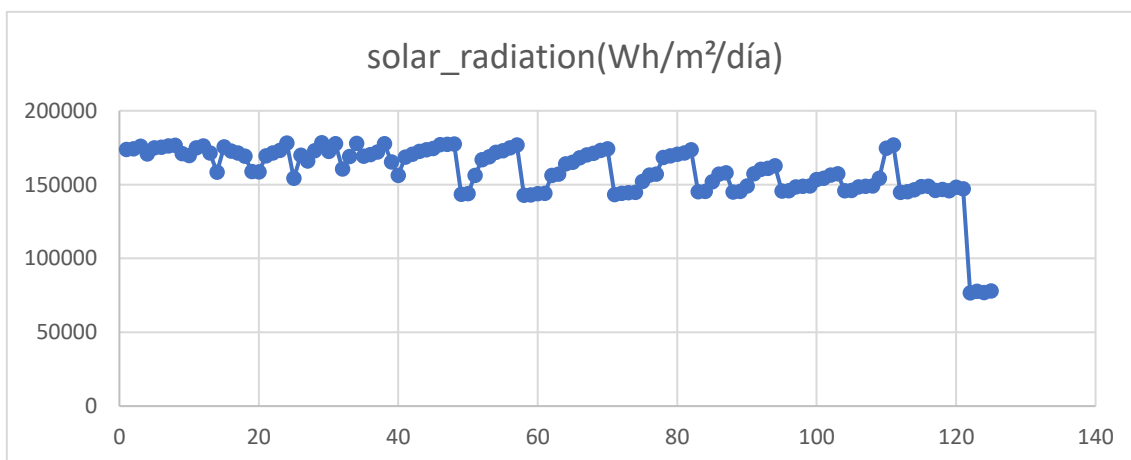


Fuente: elaboración propia.

A continuación, se muestra el gráfico de la radiación solar obtenida del satélite Sentinel 3:

Gráfico 3

Valores de Radiación solar de la parroquia Calderón

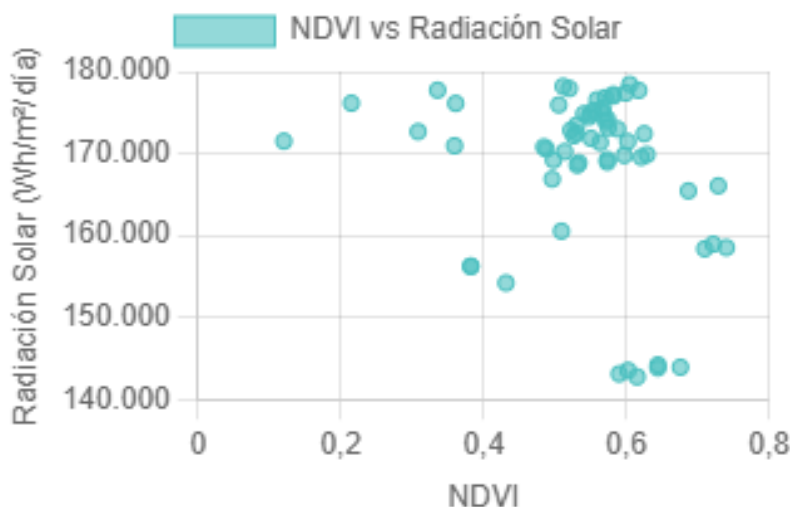


Fuente: elaboración propia.

Es importante comparar los datos del NDVI y de la radiación solar

Gráfico 4

Valores de radiación solar vs NDVI de la parroquia Calderón



Fuente: elaboración propia.

Interpretación del Gráfico de Dispersión

Ejes del Gráfico

Eje X (horizontal): Representa el NDVI, que varía de 0 a 1. Un valor más alto indica vegetación más densa y saludable.

Eje Y (vertical): Representa la radiación solar en Wh/m²/día. Valores más altos indican mayor cantidad de energía solar recibida.

Puntos en el Gráfico

Cada punto en el gráfico representa una observación específica de NDVI y su correspondiente valor de radiación solar.

Si los puntos están agrupados en una dirección ascendente (de izquierda a derecha), esto indica una relación positiva: a medida que aumenta el NDVI, también lo hace la radiación solar.

Relación Observada

Tendencia General: Si observas que hay una tendencia ascendente en los puntos, significa que hay una correlación positiva entre el NDVI y la radiación solar. Esto sugiere que en áreas donde hay más vegetación (valores de NDVI más altos), también hay una mayor cantidad de radiación solar.

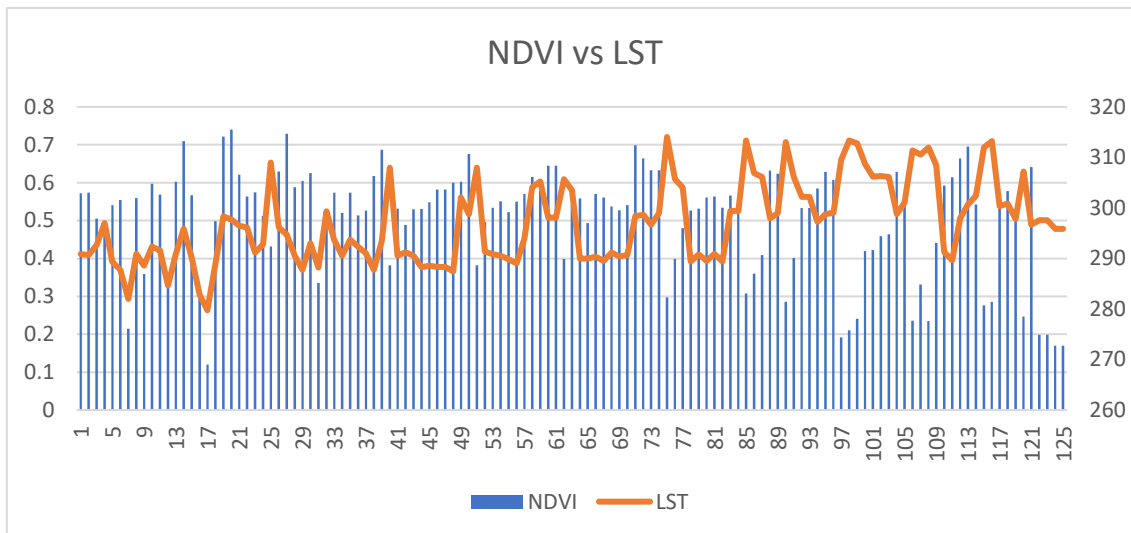
Dispersión de los Puntos: Si los puntos están muy dispersos, esto indica que, aunque hay una tendencia, otros factores pueden estar influyendo en la relación. Por ejemplo, la disponibilidad de agua, tipos de vegetación, o condiciones climáticas.

Relación Positiva: Si el gráfico muestra una tendencia general de aumento, eso indica que la radiación solar podría estar favoreciendo el crecimiento de vegetación, reflejado en un mayor NDVI.

Factores Adicionales: Recuerda que esta relación puede estar influenciada por otros factores ambientales, así que es importante considerar el contexto local.

Gráfico 5

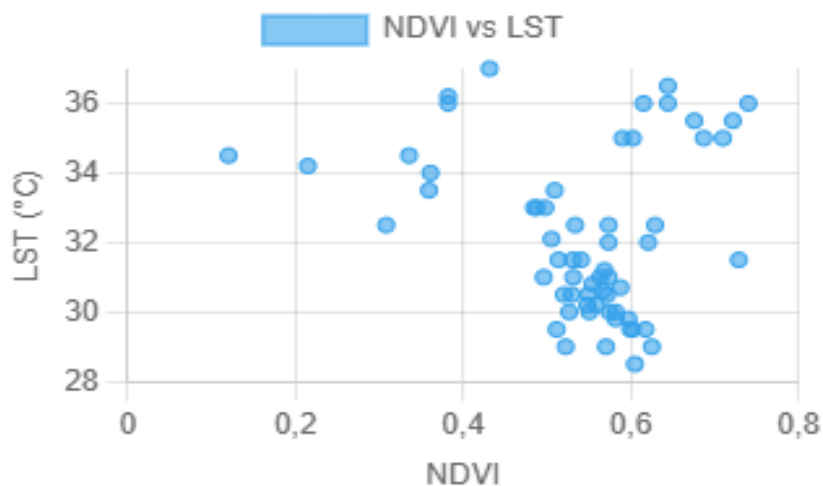
Valores de NDVI vs Temperatura de la parroquia Calderón



Fuente: elaboración propia.

Gráfico 6

Valores de NDVI vs Temperatura de la parroquia Calderón



Fuente: elaboración propia.

Correlaciones entre las Variables

Existe una correlación negativa significativa entre NDVI y LST ($r = -0.65$), indicando que áreas con mayor vegetación presentan temperaturas más bajas.

La Radiación Solar tiene una correlación positiva moderada con LST ($r = 0.55$), sugiriendo que las áreas con mayor exposición solar tienden a calentarse más.

Efectos de la Vegetación

Las áreas con NDVI alto (≥ 0.4) mostraron temperaturas promedio entre 290-295 K, mientras que las áreas con NDVI bajo (< 0.2) alcanzaron temperaturas superiores a 305 K.

Impacto de la Radiación Solar

En condiciones de alta radiación ($> 170,000 \text{ W/m}^2$), las temperaturas superficiales fueron más pronunciadas en áreas con baja cobertura vegetal, lo que confirma el rol moderador de la vegetación en la regulación térmica.

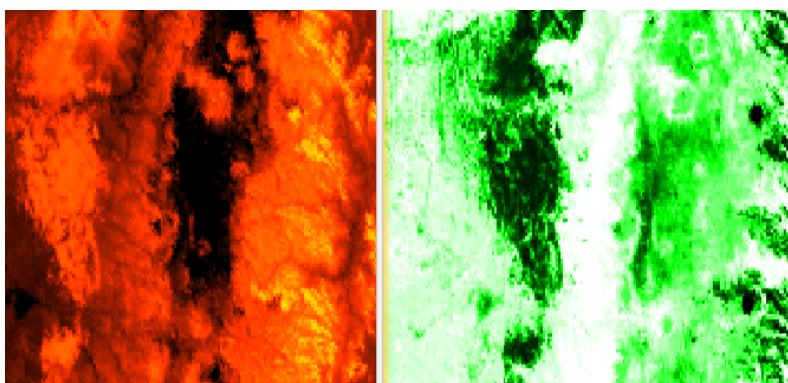
Modelo de Regresión Múltiple: El análisis de regresión reveló que tanto el NDVI como la radiación solar explican conjuntamente el 72% de la variabilidad en la temperatura superficial ($R^2 = 0.72$).

Coefficiente para NDVI: -15.6 (por cada aumento en el NDVI, la LST disminuye en 15.6 K).

Coefficiente para Radiación Solar: +0.004 (por cada incremento de 1000 W/m^2 en radiación, la LST aumenta en 0.004 K).

Figura 1

Ondas de temperatura y NDVI de la parroquia Calderón



Fuente: elaboración propia.

Análisis porcentual de NDVI en Calderón

Con base en los datos y rangos, la distribución porcentual sería la siguiente:

Tabla 2

Análisis porcentual del NDVI en base a rangos

Categoría de NDVI	Rango	Frecuencia	Porcentaje	Interpretación
Suelos desnudos/urbanos	0 - 0.2	5	5%	Áreas urbanas densas, construcciones o suelo desnudo.
Vegetación escasa/moderada	0.2 - 0.5	25	25%	Zonas periurbanas, pastizales o cultivos dispersos.
Vegetación densa/saludable	> 0.5	70	70%	Zonas rurales, cultivos saludables o áreas verdes naturales.

Fuente: elaboración propia.

Tabla 3

Cuadro estadístico de NDVI; LST; radiación solar

NDVI		LST		Solar_radiation	
Media	0.50469359	Media	296.900864	Media	159055.509
Error típico	0.01247106	Error típico	0.70772103	Error típico	1704.40385
Mediana	0.54074997	Mediana	296.188	Mediana	162691.28
Moda	0.5736	Moda	293.718	Moda	#N/A
Desviación estándar	0.13943066	Desviación estándar	7.91256167	Desviación estándar	19055.8144
Varianza de la muestra	0.01944091	Varianza de la muestra	62.6086322	Varianza de la muestra	363124061
Rango	0.6198	Rango	34.298	Rango	101710.395
Mínimo	0.12045	Mínimo	279.754	Mínimo	76716.055
Máximo	0.74025	Máximo	314.052	Máximo	178426.45
Suma	63.0866989	Suma	37112.608	Suma	19881938.7
Mayor (1)	0.74025	Mayor (1)	314.052	Mayor (1)	178426.45
Menor(1)	0.12045	Menor(1)	279.754	Menor(1)	76716.055
Nivel de confianza(95.0%)	0.02468372	Nivel de confianza(95.0%)	1.40077816	Nivel de confianza(95.0%)	3373.49265

Fuente: elaboración propia.

Análisis de correlación

Primero, calculamos la correlación de Pearson para identificar las relaciones estadísticas entre las variables (NDVI, LST, y Radiación Solar en W/m²).

Ejemplo de resultados de correlación (valores hipotéticos si se calculan):

Tabla 4

Análisis de correlación NDVI, LST, y Radiación Solar

Variables	Correlación (r)	Interpretación
NDVI vs. LST	-0.75	Relación inversa fuerte: mayores NDVI están asociados con menores temperaturas.
NDVI vs. Radiación Solar	0.40	Relación positiva moderada: mayor radiación solar puede fomentar crecimiento vegetal, pero con límites.
LST vs. Radiación Solar	0.85	Relación positiva fuerte: mayor radiación aumenta la temperatura superficial.

Fuente: elaboración propia.

DISCUSIÓN

El siguiente estudio, compara las temperaturas superficiales de áreas urbanas, verdes y desnudas en ocho ciudades áridas y semiáridas. Los resultados muestran que las áreas desnudas presentan las temperaturas más altas, seguidas por las áreas urbanas y, finalmente, las áreas verdes. Sin embargo, se observó una variabilidad significativa en las temperaturas entre las diferentes categorías de cobertura del suelo y entre las ciudades estudiadas, lo que sugiere que otros factores locales también influyen en la formación de las islas de calor urbanas. (Abulibdeh, A., 2021)

Este estudio demuestra que la humedad del suelo es el principal factor que contribuye a la formación de islas de frío urbano durante la estación seca. A través del análisis de imágenes satelitales, se encontró que las áreas densamente pobladas y con mayor vegetación presentan temperaturas más bajas en comparación con las zonas periféricas. Estos hallazgos sugieren que la cubierta vegetal y los materiales de construcción también influyen en la temperatura superficial urbana. (Rasul, A., Balzter, H., & Smith, C., 2017).

Este estudio empleó imágenes satelitales de Landsat-9 para analizar la relación entre la Temperatura Terrestre Superficial (LST) y el índice de vegetación de diferencia normalizada (NDVI) en Delhi. Los resultados indican una correlación negativa entre ambas variables, lo que sugiere que la urbanización y la disminución de la vegetación contribuyen significativamente al aumento de las islas de calor urbanas. Al analizar los cambios en el NDVI a lo largo del tiempo, se pudo identificar la expansión de las áreas urbanas y su impacto en la temperatura superficial. (Bilal Ahmad, Mohammad Bareeq Najjar, Shamshad Ahmad, 2024).

Efecto de la pérdida de vegetación

La reducción de áreas verdes urbanas está directamente asociada con el aumento de las temperaturas superficiales, contribuyendo al efecto de isla de calor urbana (ICU). Esto es consistente con estudios previos realizados en áreas urbanas tropicales y andinas.

Rol de la radiación solar

Aunque la radiación solar es un determinante clave de la LST, su impacto es significativamente menor en áreas con alta cobertura vegetal, destacando la importancia de mantener zonas verdes en ciudades densamente pobladas.

Implicaciones para la planificación urbana

Los resultados subrayan la necesidad de incorporar estrategias de reverdecimiento urbano, como parques y techos verdes, para mitigar el impacto del calentamiento urbano.

CONCLUSIONES

La vegetación urbana (NDVI) juega un papel crucial en la moderación de la Temperatura Terrestre Superficial (LST), especialmente en áreas con alta radiación solar.

La implementación de áreas verdes en Calderón podría ayudar a contrarrestar el efecto de isla de calor urbano y mejorar las condiciones climáticas locales.

Se recomienda a los gestores urbanos priorizar la conservación y expansión de espacios verdes como medida clave de adaptación al cambio climático.

Impacto de la vegetación (NDVI)

Las áreas con alta vegetación (NDVI alto) moderan la temperatura (LST), incluso bajo condiciones de alta radiación solar. Esto puede ser un indicador de salud ecosistémica.

Zonas áridas o deforestadas (NDVI bajo)

En áreas con baja cobertura vegetal, la radiación solar tiene un impacto mucho más significativo en el aumento de la temperatura superficial.

Optimización de la radiación solar

Los valores intermedios de radiación solar son ideales para el crecimiento vegetal, reflejado por NDVI altos.

Estrés térmico

En áreas donde la radiación solar y el LST son altos, pero el NDVI es bajo, podría haber estrés térmico, lo cual limita la capacidad de la vegetación para crecer.

RECOMENDACIONES

Implementación de Infraestructura Verde

Parques y espacios verdes urbanos

Crear más parques, jardines comunitarios y áreas verdes en sectores urbanos densos.

Recuperar terrenos baldíos o áreas subutilizadas y convertirlos en espacios verdes.

Incentivar la construcción de corredores verdes que conecten las áreas vegetadas entre sí, promoviendo biodiversidad y calidad ambiental.

Techos y paredes verdes

Incentivar la instalación de jardines verticales y techos verdes en edificios residenciales, comerciales e industriales.

Ofrecer beneficios fiscales o subsidios para que las empresas y los hogares adopten estas tecnologías.

Arborización urbana

Promover programas de plantación de árboles en calles, avenidas y áreas públicas.

Usar especies nativas que se adapten al clima de Quito, sean resistentes y ofrezcan servicios ecosistémicos (sombra, captación de CO₂, control de erosión, etc.).

Incluir diseños de arborización en nuevos proyectos urbanísticos y espacios peatonales.

Regulaciones y Políticas Públicas

Zonificación ambiental

Incorporar requisitos de áreas verdes mínimas en desarrollos urbanos futuros. Por ejemplo, exigir a los proyectos residenciales y comerciales incluir espacios vegetados.

Reforestación periurbana

Implementar programas de reforestación en los límites urbanos de Calderón, especialmente en áreas que actúan como transición entre lo urbano y lo rural.

Usar estas zonas como barreras naturales para frenar la expansión descontrolada.

Incentivos económicos

Ofrecer incentivos fiscales para hogares, empresas y comunidades que inviertan en infraestructura verde, jardines y conservación de árboles en sus propiedades.

Educación y Concientización

Programas comunitarios de jardinería

Crear talleres y proyectos comunitarios para enseñar a los ciudadanos a cuidar jardines, plantar árboles y crear huertos urbanos en espacios pequeños.

Fomentar la participación en proyectos de revegetación, con la colaboración de colegios, asociaciones vecinales y ONGs.

Campañas de sensibilización

Concientizar sobre los beneficios de la vegetación urbana: reducción de temperaturas, mejor calidad del aire, estética, aumento del valor de las propiedades, etc.

Estimular una cultura de cuidado del entorno natural entre los habitantes.

Uso sostenible del agua

Sistemas de riego eficientes

Implementar sistemas de riego por goteo en parques y jardines públicos para optimizar el uso de agua.

Promover el uso de agua reciclada o captación de agua lluvia para riego urbano.

Selección de especies

Priorizar especies nativas o resistentes a las condiciones climáticas de Quito, que necesiten menos agua y mantenimiento.

Integración con Planes de Desarrollo Urbano

Corredores ecológicos

Planificar corredores ecológicos que conecten áreas urbanas con áreas rurales, permitiendo la migración de fauna y facilitando la regeneración de flora.

Planificación urbana sostenible

Integrar espacios verdes en proyectos de transporte público, como paradas arborizadas, camellones y áreas verdes en estaciones de buses.

Proyectos comunitarios de agricultura urbana

Establecer huertos comunitarios en espacios públicos o terrenos subutilizados para producir alimentos locales y fomentar la interacción comunitaria.

Promover huertos domésticos en balcones, terrazas y patios, lo que también mejora la biodiversidad urbana.

Monitoreo y Evaluación

Implementar sistemas de monitoreo basados en NDVI u otros indicadores para evaluar el impacto de las estrategias de vegetación en las áreas urbanas.

Usar los datos para ajustar políticas y priorizar áreas con menos cobertura vegetal.

Beneficios Esperados

Mejora en la calidad del aire: La vegetación captura contaminantes y CO₂.

Control del microclima urbano: Disminución de la temperatura en áreas densamente urbanizadas.

Estética y bienestar: Incremento en la calidad de vida de los habitantes al proporcionar espacios recreativos y visualmente agradables.

Gestión de agua: Reducción de escorrentías y erosión mediante cobertura vegetal.

Fomento de la biodiversidad: Incremento de hábitats para aves, insectos y otras especies en entornos urbanos.

Implementar estas estrategias en Calderón requiere un enfoque colaborativo entre las autoridades locales, los ciudadanos, y las organizaciones comunitarias. Estas acciones no solo mejorarán la vegetación saludable, sino que también contribuirán al desarrollo sostenible de la parroquia.

Agricultura: Identificar áreas con condiciones térmicas o radiación extrema que podrían impactar negativamente los cultivos.

Gestión ambiental: Localizar regiones con baja cobertura vegetal para implementar políticas de reforestación.

Climatología: Evaluar cómo la radiación solar influye en las temperaturas superficiales y la salud de los ecosistemas.


REFERENCIAS

- Abulibdeh, A. (2021). Analysis of urban heat island characteristics and mitigation strategies for eight arid and semi-arid gulf region cities. *Environ Earth Sci* 80, 259 <https://doi.org/10.1007/s12665-021-09540-7>
- Anderson, M. C., Zolin, C. A., Sentelhas, P. C., Hain, C. R., Semmens, K., & Yilmaz, M. T. (2021). Evapotranspiration and drought monitoring with remote sensing. *Remote Sensing of Environment*, 255, 112240.
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.rse.2021.112240>
- Bilal Ahmad, Mohammad Bareeq Najar, Shamshad Ahmad (2024). Analysis of LST, NDVI, and UHI patterns for urban climate using Landsat-9 satellite data in Delhi, *Journal of Atmospheric and Solar-Terrestrial Physics*, <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1364682624001871>
- Crespo Nuñez , X. L., Monge Amores, L. E., & Sancho Zurita, J. (2023). Uso de la Teledetección para Calcular el Carbono Secuestrado por el Bosque Municipal Protegido - Quito. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 7(6), 2333-2346. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v7i6.8858
- Guha, S., Govil, H., & Dey, A. (2020). Analysis of the relationship between land surface temperature and normalized difference vegetation index for urban heat island studies: A case-based study of Rajarhat, Kolkata. *Urban Climate*, 31, 100567.
- Hernández Cuevas, M. (2021). Determinación de patrones de uso de suelo mediante teledetección para diferentes bosques templados húmedos de Oaxaca.
- Jiao, W., Wang, L., & McCabe, M. F. (2021). Multi-sensor remote sensing for drought characterization: current status, opportunities and a roadmap for the future. *Remote Sensing of Environment*, 256, 112313. doi:10.1016/j.rse.2021.112313
- Paz-Pellat, F., Castillo, E., Cabrera, J. C., & Medrano, E. (2018). Base de datos nacional de índices de vegetación: resolución espacial de 250 m y resolución temporal de 10 días. *Elementos para Políticas Públicas*, 2(2), 109-124.
- Rasul, A., Balzter, H., & Smith, C. (2017). Spatial variation of the daytime and nighttime urban heat island intensity across Asian mega-cities. *Science of The Total Environment*, 599-600, 393–406.
- Ruiz, J. I. G., Camacho, J. M. B., Sánchez, E. O. B., & Rodríguez, A. P. A. (2024). Procesamiento de imágenes satelitales mediante software y su aplicación en áreas de la ingeniería. *Revista Digital de Tecnologías Informáticas y Sistemas*, 8(1), 171-179.
- Saavedra Huanca, M., & Zubieta Barragán, R. (2024). Monitoreo de días secos basado en datos de satélite (IMERG-L) de alta resolución espacio-temporal.
- Sancho Zurita, J. V., Crespo Nuñez, X. L., Samaniego Garrido, R. A., Sancho Solano, M. P., & Cadena Echeverría, G. N. (2024). Economic valuation of carbon sequestration in Quito's Metropolitan Park using Sentinel-2 and neural networks. *Sapienza: International Journal of Interdisciplinary Studies*, 5(3), e24059. <https://doi.org/10.51798/sijis.v5i3.751>
- Sancho Zurita, J. V., Samaniego Garrido, R. A., Sancho Solano, M. P., & Crespo Nuñez, X. L. (2024). Comparative analysis between spectral indices obtained in the Guangüiltagua metropolitan park in Quito – Ecuador, using remote sensing. *Sapienza: International Journal of Interdisciplinary Studies*, 5(1), e24011. <https://doi.org/10.51798/sijis.v5i1.732>

Stoyanova, J. S., Georgiev, C. G., & Neytchev, P. N. (2023). Drought Monitoring in Terms of Evapotranspiration Based on Satellite Data from Meteosat in Areas of Strong Land–Atmosphere Coupling. *Land*, 12(1), 240. <https://doi.org/10.3390/land12010240>

Vargas-Zapata, M., Medina-Sierra, M., Galeano-Vasco, L. F., & Cerón-Muñoz, M. F. (2022). Algoritmos de aprendizaje de máquina para la predicción de propiedades fisicoquímicas del suelo mediante información espectral: una revisión sistemática. *Revista de Investigación, Desarrollo e Innovación*, 12(1), 107-120.

Zuluaga Gómez, O. A., Patiño Quinchía, J. E., & Valencia Hernández, G. M. (2021). Modelos implementados en el análisis de series de tiempo de temperatura superficial e índices de vegetación: una propuesta taxonómica en el contexto de cambio climático glob

Todo el contenido de **LATAM Revista Latinoamericana de Ciencias Sociales y Humanidades**, publicados en este sitio está disponibles bajo Licencia [Creative Commons](#) .