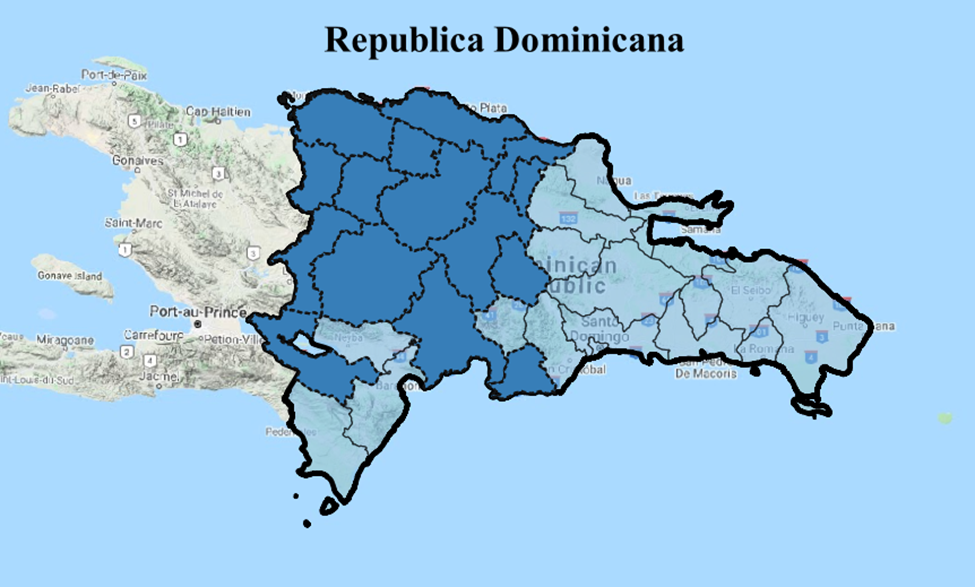
**Consultoría para el Análisis de Productividad y Cambios de Uso del Suelo del Programa PATCA utilizando Imágenes Satelitales**



**Por:**

Principal Investigador: Michael Selvaraj Gomez, PhD.

Ing. Frank Montenegro Hurtado

Ing. Alejandro Vergara

Ms. Milton Valencia

Centro Internacional en Agricultura Tropical

Palmira, Valle del Cauca - Colombia

Septiembre 15 del 2020

**Contenido**

[**1.** **INTRODUCCIÓN** 3](#_Toc54169820)

[**2.** **MATERIALES Y MÉTODOS** 4](#_Toc54169821)

[2.1. Descripción del área de estudio y datos de tierra 4](#_Toc54169822)

[2.2. Imágenes Landsat 5](#_Toc54169823)

[2.3. Pre-procesesamiento y índices de vegetación (IVs) 6](#_Toc54169824)

[2.4. Detección de tendencia y detección de puntos de cambio 7](#_Toc54169825)

[2.4.1. Mann-Kendall 7](#_Toc54169826)

[2.4.2. LandTrendr 7](#_Toc54169827)

[2.4.3. Identificación de cambios utilizando la media y la varianza conjuntamente (mediavar) 8](#_Toc54169828)

[**3.** **BIBLIOGRAFIA** 9](#_Toc54169829)

**Tabla de Figuras**

[Fig 1 Zona de estudio 5](#_Toc53481471)

[Fig 2 imágenes Landsat por ano 7](#_Toc53481472)

[Fig 3 Flujo de trabajo 7](#_Toc53481473)

**Tabla de tablas**

[Tabla 1 Número de puntos por Provincia 5](#_Toc53481502)

[Tabla 2 Corrección de puntos 6](#_Toc53481503)

# **INTRODUCCIÓN**

Este trabajo detectara los cambios a través del tiempo en los registros georeferenciados de las encuestas del programa para el soporte de la innovación en tecnología agrícola (PATCA II). Este programa fue implementado por el Ministerio de Agricultura de la República Dominicana de 2012 a 2015. El ministerio ofreció bonos no reembolsables para la adquisición de tecnologías agropecuarias por parte de pequeños productores. Para evaluar el efecto causal del programa, los beneficiarios fueron elegidos aleatoriamente de un grupo de productores registrados. Esto permite tener un grupo de beneficiarios del PATCA comparable. Como parte de la estrategia se han realizado tres rondas de encuestas agrícolas: una de línea de base (2011), una primera encuesta de seguimiento (2014) y una encuesta final (2019).

Los registros georreferenciados de la encuesta agrícola de línea base fueron examinados para evitar puntos sobre árboles, vías y esquinas del cultivo, se corrigieron desplazando los puntos hacia el centro del cultivo, además, los puntos que presentaban áreas inferiores a una hectárea fueron excluidos para evitar detecciones erróneas o falsos positivos.

Con los datos corregidos y apoyado en imágenes satelitales Landsat como insumo principal para la creación de series temporales de las encuestas, se ejecutarán modelos de detección de tendencias y detección de cambios de puntos en las series temporales y determinar cambios en temporalidad de los cultivos y buscar migraciones hacia otro tipo de cultivos.

# **MATERIALES Y MÉTODOS**

## Descripción del área de estudio y datos de tierra

República Dominicana es un país de Centro América y el Caribe ubicada en 18°28′35″N 69°53′36″O (Fig 1), con superficie de 48.442 km2 que contiene 32 provincias y está rodeada por el Océano Atlántico excepto al oeste que limita con Haití. Sus condiciones climáticas son propias de los países cercanos al trópico con lluvias abundantes y temperaturas entre 25 y 35 C. La estación lluviosa abarca desde abril hasta noviembre destacándose mayo, agosto, y septiembre. La parte más seca del país se encuentra particularmente en el noroeste; donde muy rara vez llueve y suele pasar hasta seis meses sin tener precipitación alguna.

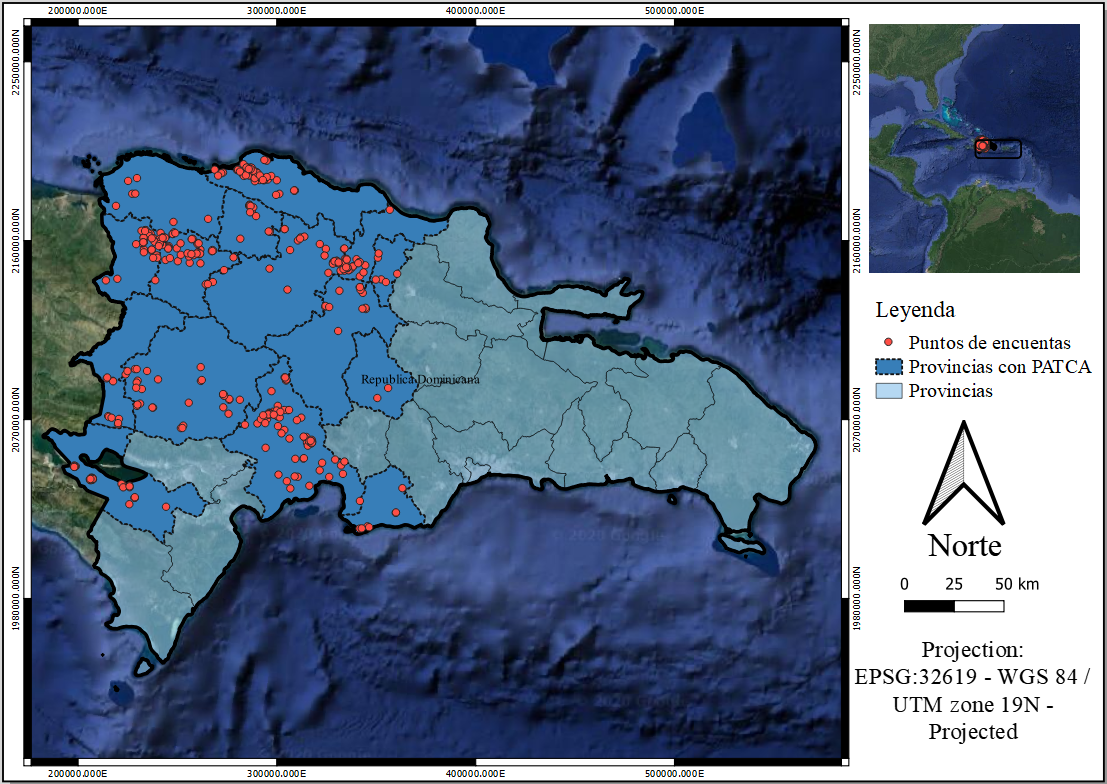


Fig 1 Zona de estudio

El programa PATCA, implementado por el Ministerio de Agricultura de la República Dominicana de 2012 a 2015, ofreció bonos no reembolsables para la adquisición de tecnologías agropecuarias por parte de pequeños productores para la irrigación de cultivos. Como parte de la estrategia se realizaron tres rondas de encuestas agrícolas: una de línea de base (2011), una primera encuesta de seguimiento (2014) y una encuesta final (2019). Estas encuestas recolectaron información socioeconómica, agronómica y espacial a un grupo de beneficiarios y control de un total de 435 parcelas, 150 beneficiarias y 285 controles, esto nos permitió tener un grupo de beneficiarios del PATCA comparable al grupo de control que involucró 15 provincias (Tabla 1) ubicadas desde el centro hacia el noroeste y oeste del país (Fig1).

Tabla 1 Número de puntos por Provincia

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Provincias | N puntos | porcentaje |
| Azua | 75 | 17.24 |
| Puerto Plata | 70 | 16.09 |
| Dajabón | 61 | 14.02 |
| Santiago Rodríguez | 46 | 10.57 |
| San Juan | 33 | 7.59 |
| Independencia | 33 | 7.59 |
| Santiago | 30 | 6.90 |
| Espaillat | 27 | 6.21 |
| Valverde | 15 | 3.45 |
| La Vega | 12 | 2.76 |
| Elías Piña | 10 | 2.30 |
| Monte Cristi | 8 | 1.84 |
| Peravia | 7 | 1.61 |
| Hermanas Mirabal | 6 | 1.38 |
| Monseñor Nouel | 2 | 0.46 |

La encuesta para PATCA incluye puntos geográficos a los cuales está ligada información alfanumérica como ID para cada propietario, número de parcela, genero de agricultor, tipo de cultivo, temporalidad de cultivo, área del cultivo, etc. 100 puntos que corresponden al 22.99% están en óptimas condiciones, 174 puntos se corrigieron manualmente por estar ubicados sobre vías, casas o arboles aledaños a la parcela de cultivo con un porcentaje del 40%. También se realizó un buffer a 70 metros, se detectó que el 22.75% o 99 puntos están en áreas de influencia, lo que quiere decir que poseen dentro de su área árboles, vías, edificaciones y ríos, y por último se descartaron 45 puntos que corresponde al 10.34% del total de datos con parcelas de áreas inferiores a 1.5 hectáreas que no permiten hacer una buena extracción de características, en total serán monitoreados 390 puntos (tabla 2).

Tabla 2 Corrección de puntos

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Tipo de corrección | N puntos | Porcentaje |
| ok | 100 | 22.99 |
| se movió | 174 | 40 |
| influencia | 99 | 22.75 |
| área inferiores | 45 | 10.34 |

## Imágenes Landsat

Se recopilaron imágenes Landsat de la precolección 1 para 2 path/ 3 row ( path 7/ row 47 y path 8/ row 46-48) de escenas entre 2011 a 2019 con menos del 30% de nubes portada (USGS, 2016). En total se recolectaron 756 imágenes Landsat de todos los satélites Landsat (7/8), con 14% de las imágenes provenientes de Landsat 7 (104) y un 86% adicional de Landsat 8. (652) como se presenta en la Figura 2. Durante los años 2011 - 2012 solo funciono el satélite Landsat 7 y desde el 2013 - 2019 trabajábamos con Landsat 8, el número promedio de imágenes fue de 45 por año (Fig 2). Estudios anteriores han sugerido que se desean al menos 10 - 12 imágenes por año para generar una tendencia confiable.

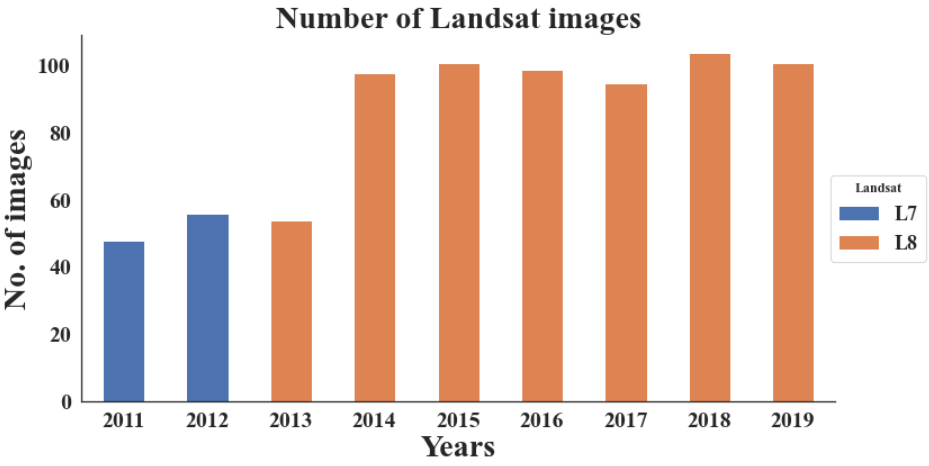


Fig 2 imágenes Landsat por ano

## Pre-procesesamiento y índices de vegetación (IVs)

Una vez recopiladas las imágenes Landsat, se pre-procesaron con las correcciones geométricas y atmosféricas para cada imagen (Chuvieco, 1991). Las nubes y las sombras de las nubes se eliminaron utilizando el algoritmo CFMask (C Función de máscara) (Foga et al., 2017). Luego se calcularon 3 índices de vegetación NDVI, SAVI y EVI para hacer el monitoreo en el tiempo desde 2011 hasta el 2019 siguiendo el flujo de trabajo (Fig 3)

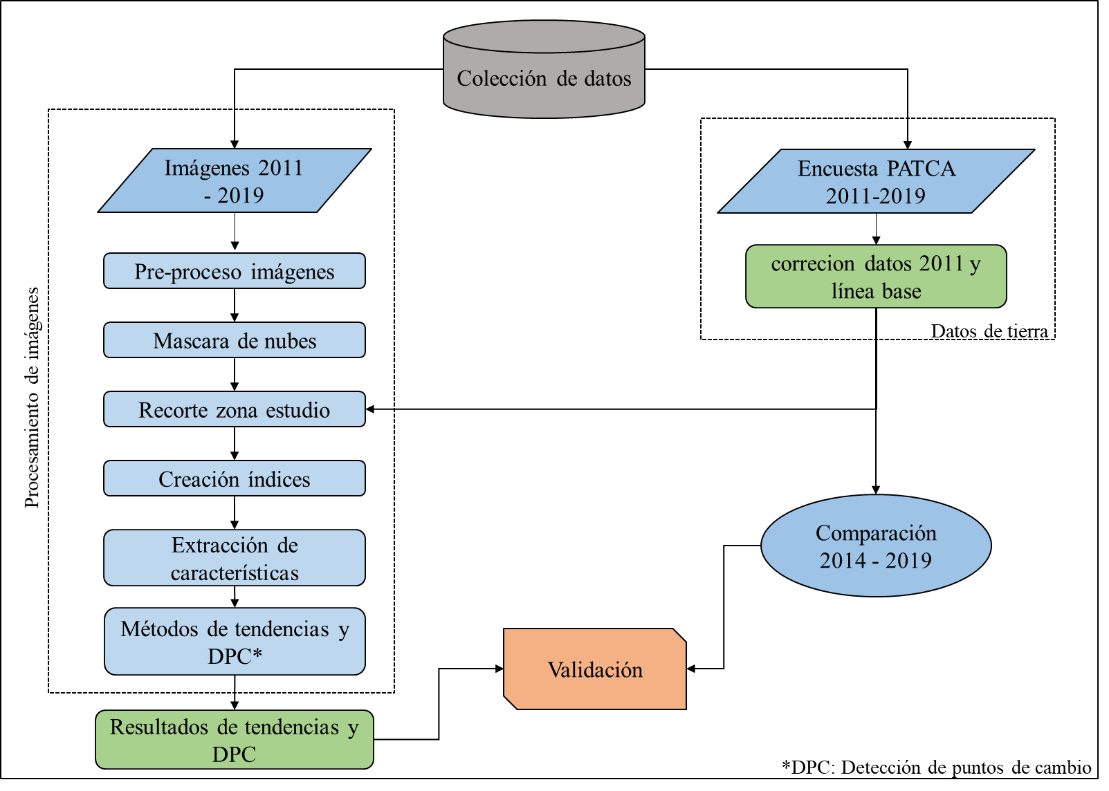


Fig 3 Flujo de trabajo

## Detección de tendencia y detección de puntos de cambio

A continuación, describiremos los métodos Mann kendall, LandTrendr y Meanvar para determinar las tendencias y la detección de puntos de cambios de los datos extraídos de los sensores.

### Mann-Kendall

La prueba de tendencia de Mann-Kendall es uno de los más comunes y usados en la literatura, tiene como objetivo detectar una tendencia al incremento o al decrecimiento en la serie de datos. La prueba está basada en la estadística S. Cada par de valores observados yi, yj (i> j) de la variable aleatoria es inspeccionado para encontrar cuando yi > yj o yi < yj. Si el número de pares positivos es P, y el número del tipo de pares negativos es M, entonces la S es definida como S = P − M. Para n> 10, se puede definir una estadística Z que sigue la distribución estándar normal, con hipótesis nula de H0 = no hay tendencia y la alternativa es H1 = existe tendencia con cierto grado de significancia, entonces Z se define como (Abdul Aziz and Burn, 2006; Kahya and Kalayci, 2004; van Belle and Hughes, 1984; Yue et al., 2002).

### LandTrendr

Landsat-based Detection of Trends in Disturbance and Recovery o sus siglas LandTrendr es ampliamente usado para el análisis de series temporales en Landsat. Pero requiere un pre-procesamiento significativo, recursos computacionales, manejo de datos y es solo accesible a la comunidad de programación patentado (IDL) LandTrendr está basada en 5 fases:

Pre procesamiento: corrección geométrica y atmosférica de las imágenes.

Segmentación: los segmentos de línea recta se utilizan para simplificar la trayectoria temporal de cada serie temporal de píxeles de Landsat.

Mapa de etiqueta de cambios: impone reglas definidas por el usuario para convertir los resultados de la segmentación en mapas que resaltan procesos particulares de crecimiento y pérdida de vegetación.

Filtro espacial: los píxeles adyacentes que experimentan procesos similares se agrupan en parches y los píxeles en parches diminutos se eliminan.

Validación: la fase final de validación y atribución implica ver mapas para determinar si los cambios se capturaron adecuadamente

El flujo de trabajo se caracteriza en una trayectoria temporal utilizando una secuencia de segmentados lineales conectados por nodos o puntos de quiebre llamados “vértices”. Los datos de entrada pueden ser valores de índices de vegetación, valores de bandas o cualquier tipo de métrica temporal. (Kennedy et al., 2018).

### Identificación de cambios utilizando la media y la varianza conjuntamente (mediavar)

Para detectar cambios, necesitamos calcular la probabilidad logarítmica tanto bajo la hipótesis nula como alternativa. La probabilidad logarítmica bajo la hipótesis nula es log f (x|), donde f es la función de densidad de probabilidad de x, y es la estimación de máxima verosimilitud basada en x. Considerando un cambio en el tiempo k, la probabilidad logarítmica bajo la hipótesis alternativa es de la forma

Y el test estadístico es

Para tomar la decisión acerca del cambio es necesario considerar un umbral llamado c para aceptar o no la hipótesis nula donde H0 = λ > c se detecta un cambio en el tiempo k, con esta técnica se puede detectar múltiples puntos de cambio(Militino et al., 2020)

# **BIBLIOGRAFIA**

Abdul Aziz, O.I., Burn, D.H., 2006. Trends and variability in the hydrological regime of the Mackenzie River Basin. J. Hydrol. https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2005.06.039

Chuvieco, E., 1991. Fundamentos de teledetection espacial. Estud. Geogr. 52, 371.

Foga, S., Scaramuzza, P.L., Guo, S., Zhu, Z., Dilley, R.D., Beckmann, T., Schmidt, G.L., Dwyer, J.L., Joseph Hughes, M., Laue, B., 2017. Cloud detection algorithm comparison and validation for operational Landsat data products. Remote Sens. Environ. 194, 379–390. https://doi.org/10.1016/j.rse.2017.03.026

Kahya, E., Kalayci, S., 2004. Trend analysis of streamflow in Turkey. J. Hydrol. 289, 128–144. https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2003.11.006

Kennedy, R., Yang, Z., Gorelick, N., Braaten, J., Cavalcante, L., Cohen, W., Healey, S., 2018. Implementation of the LandTrendr Algorithm on Google Earth Engine. Remote Sens. 10, 691. https://doi.org/10.3390/rs10050691

Militino, A.F., Moradi, M., Ugarte, M.D., 2020. On the performances of trend and change-point detection methods for remote sensing data. Remote Sens. https://doi.org/10.3390/rs12061008

USGS, 2016. Earth Resources Observation and Science (EROS) Center [WWW Document]. URL https://www.usgs.gov/centers/eros (accessed 8.20.20).

van Belle, G., Hughes, J.P., 1984. Nonparametric Tests for Trend in Water Quality. Water Resour. Res. https://doi.org/10.1029/WR020i001p00127

Yue, S., Pilon, P., Cavadias, G., 2002. Power of the Mann-Kendall and Spearman’s rho tests for detecting monotonic trends in hydrological series. J. Hydrol. 259, 254–271. https://doi.org/10.1016/S0022-1694(01)00594-7