



Análisis del comportamiento espectro – temporal de los cultivos agrícolas en el valle del río San Juan - Chincha.

Analysis of the spectro-temporal behavior of the agricultural crops in the valley of the San Juan-Chincha river

EVER ENRIQUE CASTILLO OSORIO¹, CARMEN ZOILA VASSALLO VÁSQUEZ¹, KEVIN ENRIQUE SÁNCHEZ ZA VALETA¹, IRENE TREBEJO VARILLAS¹

1 Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología, SENAMHI, Casilla 11 1308, Lima 11, Perú.

ecastillo@senamhi.gob.pe

Resumen

La actividad agrícola es de gran importancia para el desarrollo de la economía en el Perú. En este contexto, el artículo describe el análisis del comportamiento espectro-temporal de los cultivos agrícolas del valle del río San Juan, provincia de Chincha, Región Ica, con la finalidad de estimar el grado de afectación del área agrícola y de los cultivos a partir de una metodología basada en sensores remotos.

Se efectuó un análisis multitemporal de imágenes satelitales y validación con datos estadísticos de producción y del comportamiento agrícola característico de los principales cultivos de la zona de estudio (Algodón, Maíz, Vid, Cítricos y Espárrago). Como resultado se obtiene el perfil espectro-temporal de dichos cultivos y se establece que durante el período (1986 al 2006) el cultivo de espárrago se incrementó en área cultivada, mientras que el cultivo de maíz amarillo duro se redujo y el resto de los cultivos mantuvieron un área agrícola similar. Deduciéndose que los cambios en el uso del suelo y tipo de cultivo en el área del valle fueron mayormente influenciados por el factor económico, siendo el aumento de la demanda de productos agrícolas de exportación una variable preponderante en la ocurrencia de este suceso.

Palabras Clave: Cultivos agrícolas, procesamiento de imágenes satelitales, análisis multitemporal.

Abstract

Agricultural activity is of great importance for economic development in Peru. In this context, this paper presents the results of the analysis of spectro-temporal behavior of agricultural crops in the valley of the San Juan River, province of Chincha, Ica Region, realized in order to know the impacts in the land and crops, using methodology based on remote sensing.

A multitemporal analysis of satellite images and validation with statistical data of production and characteristic agrarian behavior of main crops in the study area (cotton, maize, grapes, citrus and asparagus) were carried out. As a result, the spectral-temporal profile of these crops was obtained. It was detected that during the period 1986-2006 the cultivated area of asparagus increased, while that of hard yellow maize reduced. Farming area of other crops remained unchanged throughout the considered period. It was deduced that changes in land use and crop type in the valley area were largely influenced by economic factors, being the increased demand for agricultural export products the most important controlling variable for the occurrence of this tendency.

Keywords: Agricultural crops, satellite image processing, multitemporal analysis

INTRODUCCIÓN

El valle de Chinchá, ubicado en la región Ica, cerca de 260 Km de Lima, es un valle que tiene un alto rendimiento de cultivos de exportación como espárrago, uva, palta (MINAG, 2007, 2009), que también abastecen la capital.

El valle del río San Juan, en la provincia de Chichá (Fig. 1), se forma entre dos contrafuertes a una altitud de 3,419 msnm y desciende desde esa altura hacia el Océano Pacífico. Tiene una extensión de 3,077 km². Políticamente, el valle del río San Juan se encuentra en la región Ica, provincia de

Chinchá que está subdividido en 11 distritos, de los cuales 8 son costeros y 3 de sierra.

En una parte del valle se ha desarrollado una fuerte inversión tecnológica vinculada al tema agrícola, obteniéndose grandes niveles de producción principalmente de cultivos de agroexportación y una alta calidad en los procesos inmersos al tratamiento de estos cultivos. Sin embargo, aún existe una zona considerable del valle donde la agricultura sigue siendo una actividad de subsistencia básica, de aproximadamente 8,000 familias que subsisten gracias a esta actividad.

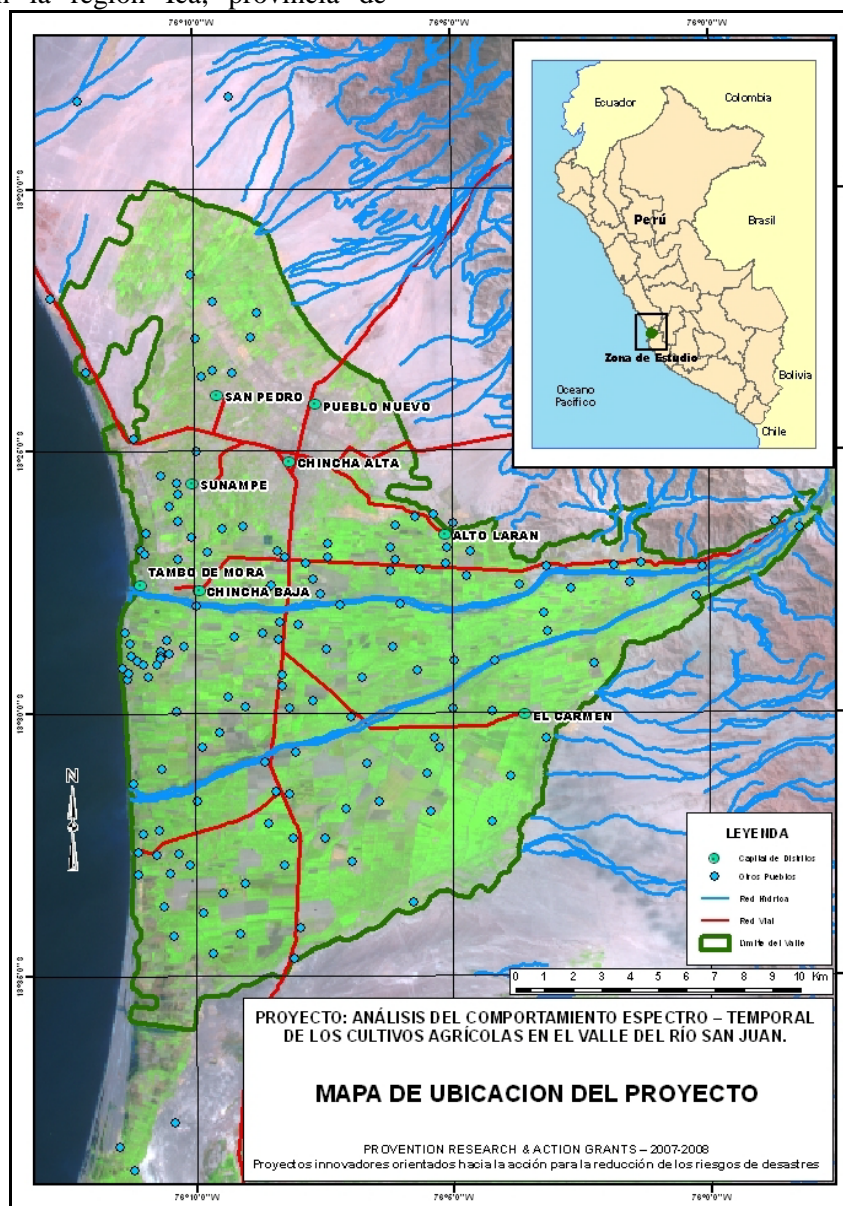


Fig. 1. Imagen Satelital con ubicación del Valle del río San Juan.

En el transcurso de las últimas décadas, el acelerado crecimiento y tecnificación agrícola en la región ha ocasionado que las autoridades locales no puedan gestionar adecuadamente la expansión de esta actividad en el territorio, presentándose situaciones de alta vulnerabilidad por exposición, fragilidad y resiliencia frente a peligros de variabilidad climática para diversos periodos de tiempo. El agricultor de subsistencia percibe que no se encuentra preparado para poder afrontar las variaciones climáticas del lugar, mientras que el inversionista desea no paralizar sus actividades frente a la ocurrencia de algún peligro natural o como este caso, de un peligro que podría estarse presentando a largo plazo.

Las instituciones locales que administran la agricultura en la región no conocen como ha variado la distribución de cultivos en el valle a través del tiempo, ya que los inventarios a nivel de valle no se realizan continuamente por ser muy costosos y además son difíciles de espacializar en un resultado cartográfico, siendo esta información un indicador importante para determinar los cambios de uso de suelo en la región y analizar si se vincula a causas climáticas o económicas.

Por ello, esta investigación se centra en el objetivo de analizar el comportamiento espectro-temporal de los cultivos agrícolas a partir de una metodología basada en sensores remotos. Los resultados permitirán obtener un estimado del grado de afectación (cambios en áreas y tipos de cultivos), y así establecer tendencias del comportamiento agrícola por cultivo en la zona. Esta metodología será replicada en las instituciones locales para que puedan ser utilizadas como una herramienta que brinde información para la gestión del territorio y la planificación de las actividades agrícolas.

MATERIALES Y MÉTODOS

De acuerdo al objetivo del estudio, se ha desarrollado actividades vinculadas al procesamiento de imágenes satelitales ASTER, LANDSAT y CBERS (para trabajos a mesoescala), análisis climático, de productividad de cultivos y evaluación del grado de afectación. Los trabajos han sido desarrollados en gabinete y en campo. Las imágenes satelitales LANDSAT fueron descargadas del link: <http://glcfapp.umiacs.umd.edu:8080/esdi/index.jsp>.

Se ha contado con el apoyo del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI, www.senamhi.gob.pe) en el uso de la infraestructura, equipos, datos e imágenes satelitales. Asimismo, se ha distribuido los trabajos de recolección de datos de instituciones nacionales sobre producción agrícola de la zona de estudio a estudiantes de la Universidad Nacional Federico Villarreal.

Los trabajos de campo se han basado en la recolección y posterior corroboración de datos sobre cultivos (principalmente maíz, vid, cítricos, espárrago y algodón) y ubicación de los mismos a lo largo del valle del río San Juan.

METODOLOGÍA

Los datos de sensoramiento remoto son obtenidos de forma objetiva y precisa, por lo que cada vez más se vienen utilizando con fines de estimación de áreas agrícolas en el mundo (Del` Arce, 2004). En este contexto, se describe la metodología desarrollada en el estudio, que consta de un conjunto de procesos (Fig. 2), basados en un análisis multitemporal de imágenes satelitales y validación con datos estadísticos de producción y del comportamiento agrícola característico de los principales cultivos de la zona (Algodón, Maíz, Vid, Cítricos y Espárrago).

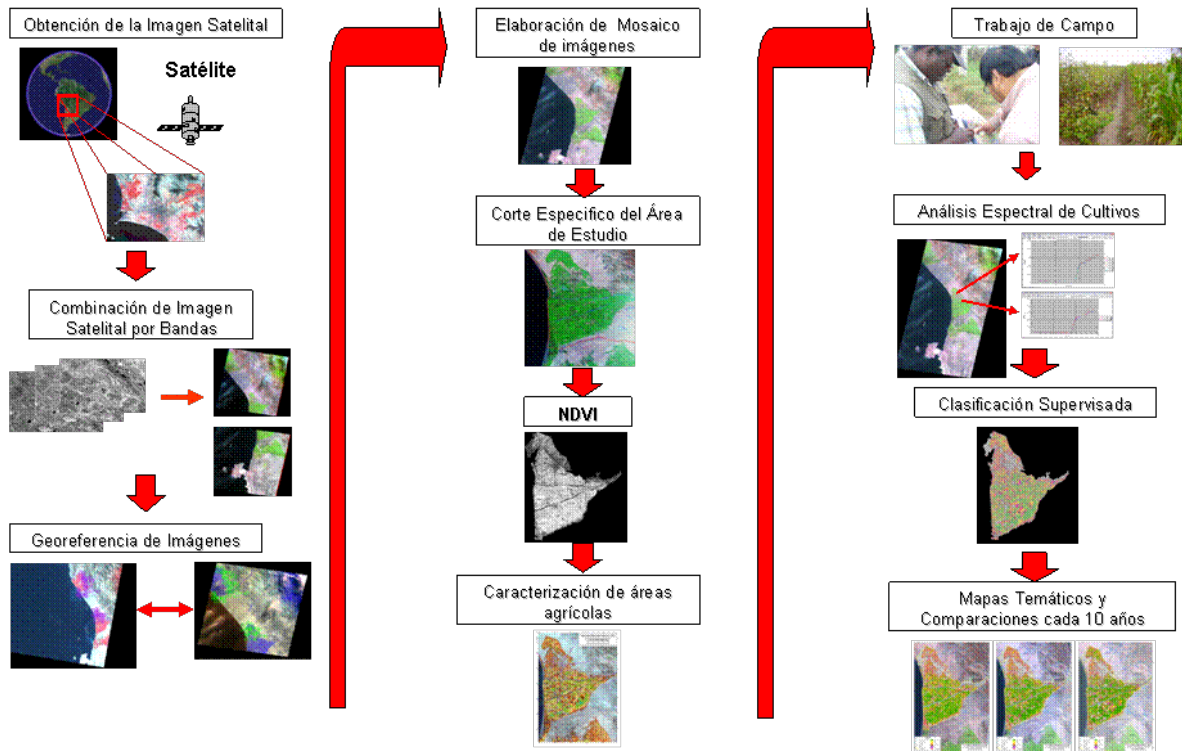


Fig. 2. Esquema metodológico de procesamiento de imágenes satelitales.

Se detallan los procesos, los mismos que constan de adaptaciones de procedimientos desarrollados por otros autores como Montoya (1996), Chuvieco (1996), Camacho y Melo (2004) y Del'Arce (2004):

- *Combinación de imágenes satelitales por bandas:* Luego de seleccionar y descargar las imágenes de la fecha de análisis, se realiza la combinación en un solo archivo de todas sus bandas (cada banda contiene información capturada dentro de un rango específico del espectro electromagnético).
- *Georeferenciación de imágenes:* Mediante puntos de control identificados en el área de estudio se ubica espacialmente la imagen satelital, siempre y cuando ésta no tenga aun definido como atributos el Sistema de Proyección "UTM18 Zona Sur" y Elipsoide de Referencia "WGS 1984" que son los estándares para el Perú.
- *Elaboración del mosaico satelital:* Se aplica si se tiene más de una imagen dentro del área de estudio. Este proceso

permite unir imágenes satelitales continuas espacialmente.

- *Corte del área de estudio:* Utilizando información cartográfica del límite de la zona de estudio, se realiza el corte de la imagen satelital para obtener solo la información necesaria para el proceso.
- *Desarrollo del Índice de Vegetación Diferencial Normalizado (NDVI):* Es un proceso que genera un resultado combinado de bandas donde se resalta los atributos espaciales relacionados a vegetación, y claramente se pueden diferenciar las zonas agrícolas.
- *Caracterización de áreas agrícolas:* Se desarrolla la ubicación de puntos de muestra de monitoreo de acuerdo a la diversidad de rangos de colores resultantes en el proceso anterior.
- *Trabajo de campo:* Se debe ir a los puntos de muestra para levantar información acerca del cultivo que se encuentra en el lugar y de la posición exacta del mismo utilizando equipos GPS. También se puede levantar información adicional en fichas de

trabajo como fase del cultivo, periodos de siembra - cosecha, estado de la vegetación, técnicas utilizadas, rendimiento, propietario, etc. Toda esta información adicional ayuda a obtener un inventario detallado del valle.

- *Análisis espectral de cultivos:* Los puntos de muestra de monitoreo de cada tipo de cultivo son contrastados con la imagen satelital para determinar sus perfiles espectrales y descartar aquellos puntos con resultados diferentes al promedio. Este proceso valida las tomas de datos que han sido correctamente muestreadas y además descarta los puntos donde hubo una variación brusca del cultivo entre la fecha de captura de la imagen y la fecha de la toma de datos de campo.
- *Clasificación supervisada:* Permite identificar los elementos espaciales en la imagen satelital, de acuerdo a los datos tomados en el trabajo de campo. Mediante este proceso se zonifica la distribución de los cultivos en el área agrícola.
- *Desarrollo de mapas temáticos y comparaciones temporales:* Al repetir los procesos anteriores para diversos períodos de captura de imágenes

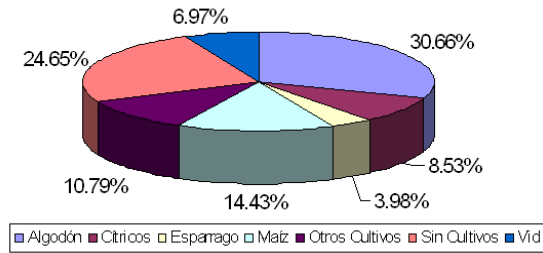
satelitales, se cruzan los resultados y se obtienen tendencias en las variaciones en los cultivos así como en el área cultivada total del valle. Las tendencias de esta variación espacial se cruza con las tendencias analizadas del clima y productividad en la región para determinar cual es el factor preponderante del cambio de cultivo dentro del área agrícola y el cambio en el uso de suelo del valle.

RESULTADOS

A través del procesamiento de imágenes satelitales se ha obtenido el área total de 05 principales cultivos del valle y contrastado con la información del inventario de las campañas agrícola del Ministerio de Agricultura, obteniendo valores y tendencias muy similares entre ambos resultados. Además se ha determinado el comportamiento multi-temporal (cada 10 años) de los principales cultivos del valle, donde se aprecian las variaciones espaciales en áreas por cultivos y cambios en el uso del suelo (Fig. 3).

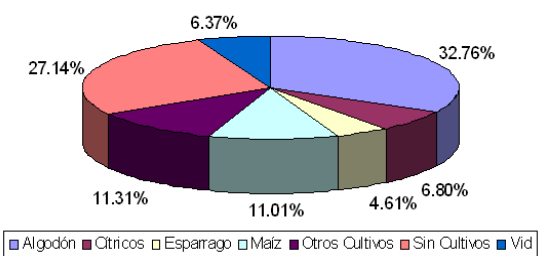
Cultivos	Área Total (Ha)	Porcentaje (%)
Algodón	10285.6899	30.6571
Cítricos	2861.3658	8.5285
Espárrago	1334.4726	3.9775
Maíz	4840.6595	14.4279
Otros Cultivos	3621.5805	10.7943
Sin Cultivos	8269.8792	24.6489
Vid	2337.0655	6.9658
Total	33550.7130	100.000

Cultivos en el Valle de Chincha en Mayo 1986



Cultivos	Área Total (Ha)	Porcentaje (%)
Algodón	10995.48	32.75880561
Cítricos	2282.13	6.799144107
Espárrago	1547.55	4.610611781
Maíz	3695.85	11.01103651
Otros Cultivos	3796.83	11.31188597
Sin Cultivos	9110.61	27.14321721
Vid	2136.51	6.365298812
Total	33564.9600	100.000

Cultivos en el Valle de Chincha en Mayo 1996



Cultivos	Área Total (Ha)	Porcentaje (%)
Algodón	10450.823	31.228
Cítricos	2368.508	7.077
Espárrago	1965.375	5.873
Maíz	3540.218	10.578
Otros Cultivos	3668.040	10.960
Sin Cultivo	9447.458	28.230
Vid	2026.058	6.054
Total	33466.4775	100.000

Cultivos en el Valle de Chincha en Mayo 2006

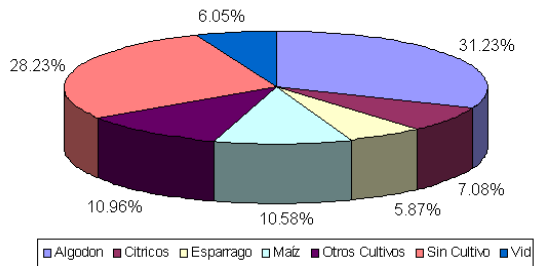


Fig. 3. Resultados comparativos cada 10 años de áreas por cultivos en el valle.

De la figura anterior se puede desprender que desde el año 1986 al 2006, el área cultivada de espárrago se ha incrementado, los demás cultivos han mantenido un área agrícola casi similar en el transcurso de este período, a excepción del maíz que ha disminuido su área de cultivo en casi un 25%. Se observa también un incremento del área sin cultivo. En el mismo período comparativo de información espacial (20 años) se ha realizado un análisis multianual del comportamiento climático del valle,

encontrándose fluctuaciones significativas de la temperatura principalmente durante los eventos más intensos (Jaimes, 2000) de El Niño (1997-1998) y La Niña (1995-1996), no registrándose cambios significativos en los otros años al igual que la humedad relativa. En tanto que las horas de sol muestran una tendencia decreciente durante la última década, asociada con un ligero incremento de la frecuencia de precipitación. (Fig. 4).

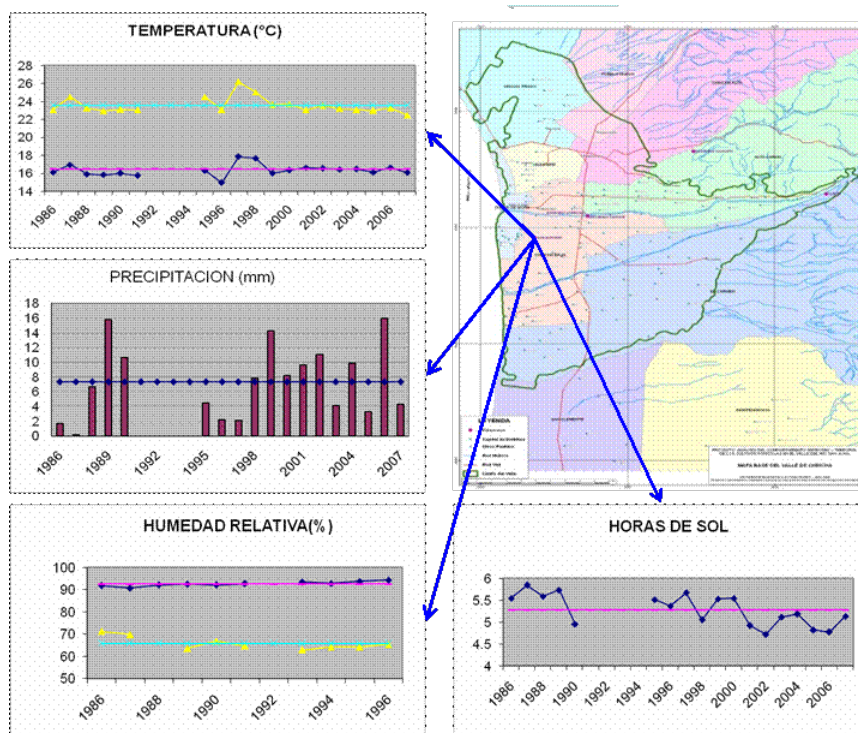


Fig. 4. Evaluación climática del valle del río San Juan.

De los análisis anteriores, se deduce que los cambios en el uso de suelo y tipo de cultivo en el área del valle durante el período 1986 al 2006 fueron mayormente influenciados por el factor económico, siendo el aumento de la demanda de productos agrícolas de exportación en la Región un factor preponderante, tal como se reporta en la

evolución de las exportaciones (MINAG, 2009).

Los resultados del comportamiento multitemporal de los principales cultivos agrícolas durante el periodo de análisis 1986, 1996 y 2006, y representados espacialmente a través del Sistema de Información Geográfica, se muestran en la Fig. 5.

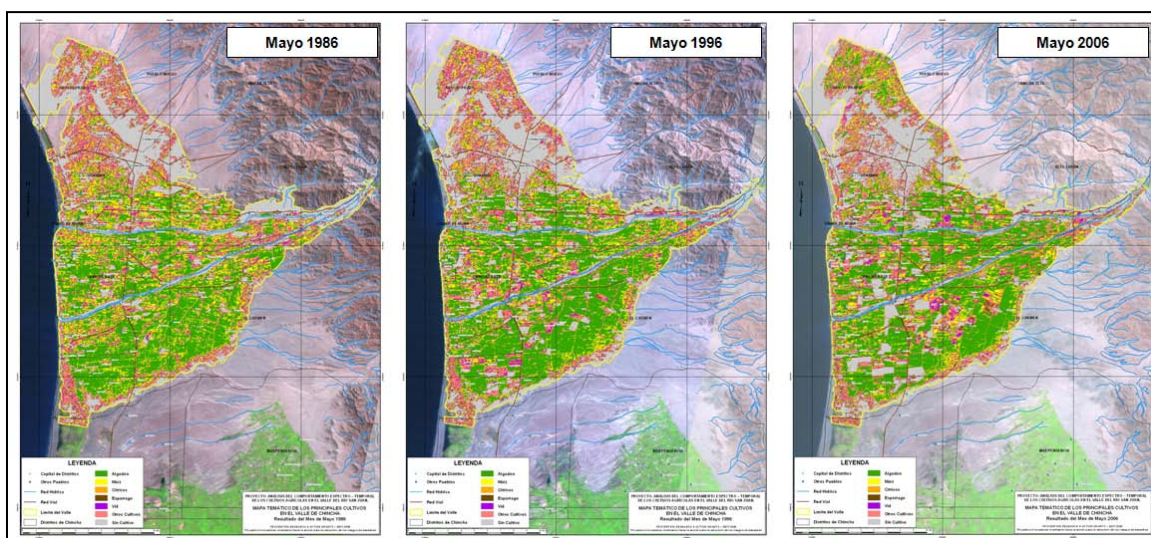


Fig. 5. Resultados comparativos cada 10 años de los cambios producidos en los principales cultivos del valle



Fig. 6. Detalle de leyenda de los resultados cartográficos donde indica los principales cultivos del valle analizados.

CONCLUSIONES

La metodología desarrollada permitió obtener el perfil espectro-temporal de los cultivos agrícolas, la variación de áreas y tipos de cultivo, así como establecer tendencias del comportamiento por cultivo en la zona.

Desde el año 1986 al 2006, el área cultivada de espárrago se ha incrementado, los demás cultivos han mantenido un área agrícola casi similar en el transcurso de estos 20 años, a excepción del maíz que ha disminuido su área de cultivo en casi un 25%. Se registró también un incremento del área sin cultivo.

Los cambios en el uso de suelo y tipo de cultivo en el área del valle en el período de estudio fueron mayormente influenciados por el factor económico, siendo el aumento de la demanda de productos agrícolas de exportación un factor preponderante.

Aplicando la metodología propuesta en esta investigación, con imágenes satelitales gratuitas que se obtienen vía Internet, se puede obtener resultados que complementan la información estadística recopilada durante las campañas agrícolas a través de encuestas.

Los resultados de la aplicación de la metodología pueden ser utilizados como una herramienta de decisión, planificación agrícola y de gestión del riesgo.

Agradecimientos: Al equipo de apoyo: Jorge Zúñiga Caycho, Karen Collao Huaripoma, Sayuri Ramírez Vilca y José León Acero, de la Universidad Nacional Federico Villarreal. A las instituciones de la zona de estudio: Administración Técnica de Riego Chincha - Pisco, la Junta de Usuarios Chincha y la Agencia Agraria Chincha – Ministerio de Agricultura. A los auspiciadores del proyecto: PROVENTION

CONSORTIUM - Research & Action Grants for Disaster Risk Reduction y el Centro Regional Coordinador del Programa: Facultad Latinoamericana de Ciencias Sociales – FLACSO. A S. T. por la revisión de este artículo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Camacho, M. & Melo, H. (2004). IGAC-CIAF. Manual de Interpretación de Imágenes de Sensores Remotos.

Chuvieco, E. (1996). Fundamentos de Teledetección Espacial. Ediciones RIALP. Madrid.

Del Arce, S.I. (2004). Sensoriamento remoto para o levantamento espectro-temporal e estimativa de área de culturas agrícolas. Tesis de Maestría. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais-INPE. Brasil.

Jaimes E. (2000). La fase fría. La Niña. En: Revista SENAMHI Año II Número 1. Pág. 22-23.

MINAG (2007) Diagnóstico de la agricultura en la provincia de Chincha. Agencia Agraria Chincha.

MINAG (2009). Disponible en <http://www.minag.gob.pe/exportaciones/evolucion-anual-de-las-exportaciones-agrarias.html>

Montoya, A. (1996). Percepción Remota y Procesamiento Digital de Imágenes. Principios Básicos. Bogotá D.C. IGAC-CIAF.