Rev. Ciencia, Tecnología y Humanidades 8(1): 71 - 82. 2017
Revista de Investigación Científica
Vicerrectorado de Investigación
Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo

ESTIMACIÓN DEL RENDIMIENTO DEL CULTIVO DE ARROZ CON IMÁGENES DE SATÉLITE, DATOS INSITU, VALLE CHANCAY-LAMBAYEQUE-PERÚ

Eleazar M., Rufasto C.[1]; Casilda, Medina O.[2]; Mervin O., Becerra S.[2]; Santos J., Morales G.[2]; Hiram E., Barón V[2].Debora E, Mejía P[3].

Resumen.

Esta investigación se desarrolló con el objetivo de estimar el rendimiento del cultivo de arroz (*Oryza Sativa*) a partir de la Diferencia Normalizada Índice de Vegetación (NDVI) obtenido de imágenes obtenidas a través del satélite Landsat 8 y Sentinel 2. El área de estudio fue el Fundo Chacra Vieja propiedad de la Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo, situada en Lambayeque-Perú. Las ecuaciones de los modelos de predicción obtenidos son de función lineal (R.e.NDVI) los coeficientes de determinación fueron 0.56 y 0.58 respectivamente para cada satélite, estos resultados indican que esta técnica tiene potencial como herramienta para estimar el rendimiento en el cultivo de arroz.
Palabras clave: estimación, arroz, NDVI, rendimiento, mapas temáticos.

ESTIMATION OF PERFORMANCE THE RICE FARMING WITH IMAGES OF SATELLITE, INSITU INFORMATION, CHANCAY-LAMBAYEQUE-PERÚ VALLEY

Abstract

This research was developed with the aim to estimate the performance of the rice arming (Oryza Sativa) from the Normalized Difference Vegetation of Index (NDVI) derived from images obtained through the satellite Landsat 8 and Sentinel 2. The area of study was the fund “Chacra Vieja” which belongs to Pedro Ruiz Gallo Public University, located in Lambayeque, Peru. The equations of prediction models obtained are of linear function (R.e. NDVI) The coefficients of determination obtained were 0.56 and 0.58 for each satellite. These results indicate that this technique has potential as a tool to estimate the performance in the rice farming.

Keywords: Estimation, rice, NDVI, performance, thematic maps

[1] Departamento Académico de Suelos, Facultad de Agronomía, UNPRG erufasto@unprg.edu.pe
[2] Grupo de Investigación Desertificación y Sequía – Facultad de Agronomía – UNPRG
[3] Departamento de Estadística, Facultad de Ciencias Físicas y Matemática, UNPRG

Recibido: 15 Abril 2017 Aceptado: 05 Junio de 2017

Introducción

El arroz (***Oryza sativa***), genera 28 millones de jornales, tanto en el campo y en la industria molinera, aportando con el 5.6% del Valor Bruto de la Producción Agropecuaria equivalente a 2 182 millones de soles (MINAGRI, 2010). Siendo uno de los cultivos más importantes, generador de empleo. Es el cereal de mayor consumo en Perú, alcanzando un consumo per cápita anual de 54 kg/habitante (Agencia Andina, 2017).

En el Perú según el Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI), para la campaña agrícola 2016 – 2017 se han sembrado 335,8 mil ha, de las cuales 52,3 mil ha corresponden a la región Lambayeque, significando el 15.57 %, de la superficie sembrada (Sifuentes; Albujar & Carlos Cajas, 2017).

La predicción del rendimiento de los cultivos anticipada a la cosecha ha sido un objetivo prioritario de la agrometeorología, tanto con el fin de aumentar el conocimiento de las relaciones clima/cultivo como para generar información que se pueda aprovechar oportunamente en la planificación y manejo de la producción agropecuaria (Ovando et al.,2007). En los últimos años la agricultura hace un amplio uso de la teledetección para realizar caracterizaciones funcionales y estructurales de los cultivos, por ejemplo, para calcular índices de vegetación empleados en estimación de componentes de producción (Fiat S. et al., 2016). Con el desarrollo de la tecnología satelital, las técnicas de estimación de rendimientos se incrementaron dando lugar a una gama de posibilidades que comprenden, además de los procedimientos originales en base a modelos matemáticos de simulación, los que emplean información exclusivamente satelital, como así también los que integran ambas fuentes de datos (Weiss et al., 2001).

La Autoridad Estadística Agraria Nacional, órgano del Ministerio de Agricultura y Riego designado como ente rector del Sistema Integrado de Estadística Agraria –SIEA, es la entidad encargada de realizar la estadística de producción agropecuaria del Perú (Autoridad Estadística Agraria Nacional | Sistema Integrado de Estadísticas Agrarias, 2017). Para estos fines hace uso de metodologías tradicionales, basadas en encuestas para establecer el área de siembra, cosecha, rendimiento y producción de los cultivos de mayor importancia económica de la región (OEEE, 2012).

Estudios de Dawbin et al.; 1980, indican que la estimación del rendimiento de cultivos en áreas extensas, que se obtiene tanto a través de encuestas como mediante la utilización de modelos de cultivo, adolece de algunos defectos como son: la imprecisión, que deriva de una cobertura espacial limitada del procedimiento; y la oportunidad, dado que la información de rendimiento y producción se obtiene en una fecha posterior a la cosecha (Como se citó en de La Casa & Ovando, 2007).

La búsqueda de estimadores físicos del rendimiento de los cultivos ha sido objeto de diversas investigaciones, dentro de éstas, las técnicas de percepción remota con la cual durante los últimos cuarenta años, la teledetección viene facilitado el estudio de la dinámica y distribución espacial de la vegetación. Existen numerosos índices espectrales los cuales se basan en ecuaciones con operaciones simples y longitudes de onda específicas, que resumen gran cantidad de información, contenida en un espectro de reflectancia que permiten resumir la información provista por los sensores remotos. Dentro de ellos, uno de los más utilizados es el NORMALIZED DIFFERENCE VEGETATION INDEX (NDVI por sus siglas en ingles), que relaciona la información

espectral de la región del rojo y el infrarrojo cercano del espectro electromagnético (Rouse, 1973) el cual se calcula usando la fórmula 1, de la siguiente manera:

$$= \frac{(\quad - \quad)}{(\quad + \quad)} \ldots\ldots\ldots \textit{Formula 1}$$

Dónde:

NIR= reflectancia corregida atmosféricamente correspondiente al infrarrojo cercano.

R = reflectancia corregida atmosféricamente correspondiente al rojo visible.

Es una carrera continua, de los investigadores mejorar esta tecnología, en esa dirección se ha llevado a cabo estudios para relacionar la información espectral con el rendimiento, superficie sembrada y el estado nutricional del cultivo del arroz. En unos casos usando imágenes de satélite, en otros con medidas de radiometría en campo o con imágenes procedentes de sensores hiperespectrales en aviones. Esto es evidenciado por ejemplo con los trabajos que Dagguin et al; 2016 quienes realizaron una investigación en el Ecuador haciendo uso de imágenes RapidEye, realizaron un estudio en la estimación de superficie sembrada en los cultivos de arroz, maíz amarillo duro y soya, utilizando el índice de vegetación de diferencia normalizada (NDVI) para la clasificación digital y la discriminación entre clases, estimaron la superficie sembrada de cada uno de estos cultivos en sus principales provincias productoras.

En el 2016 en la provincia de Lambayeque-Perú para la identificación de las áreas sembradas de cultivo de arroz utilizaron índices de vegetación extraídos del sensor MODIS cuyas imágenes son compuestas en mosaicos cada 16 días de los índices de vegetación, con una resolución espacial de 250 m y una cobertura temporal diaria que ofrece un gran potencial para la estimación de parámetros biofísicos en el cultivo de arroz, donde se analizaron la variabilidad espacial y temporal del NDVI en ciclo fenológico del cultivo de arroz en campañas consecutivas desde el año 2002 al 2014 y concluyeron que el NDVI es de gran utilidad para realizar el seguimiento del desarrollo fenológico en las campañas de arroz y que constituye una herramienta clave para identificar las áreas sembradas con arroz en las región Lambayeque(Cotrina, 2016).

En España (Moreno-García et al, 2013; Channg et al, 2005) realizaron estudios en el cultivo de arroz inundado, utilizando imágenes multiespectrales, tomadas antes de la emergencia de la panícula, para estimar el rendimiento, donde obtuvieron una buena relación entre el rendimiento del arroz y algunos índices de vegetación.

En el 2011, en Brasil (Rivas, Ocampo & Carmona, 2011), realizaron estudios de estimación de rendimiento de cultivo de trigo donde se demostró una relación clara entre el NDVI y el rendimiento insitu, obtuvieron un mapa de rendimiento donde se puede observar la variabilidad espacial que muestra cada campo con trigo y a la vez la respuesta en rendimiento de los diferentes ambientes.

Estos resultados indican que el uso de las imágenes de satélite como técnica tiene potencial para ser usado como herramienta para estimar el rendimiento de los cultivos.

El objetivo de este trabajo es estimar el rendimiento del cultivo de arroz inundado (Oryza sativa) utilizando imágenes de alta resolución espacial tomadas por sensores ubicados en los satélites, antes de la emergencia de la panícula.

Metodología

El estudio se llevó a cabo en 71 Has de cultivos de arroz (Oryza sativa) variedad IR-43 (NIR) ubicados en fundo "Chacra Vieja" de la Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo, ubicado en la parte baja del valle Chancay, del distrito de Lambayeque entre las coordenadas geográficas 79°55'50"W ; 6°42'40"S, en la campaña agrícola agosto 2015 - julio 2016. La parcela permaneció inundada desde la siembra hasta un mes antes de la cosecha, realizándose un par de secas que es parte del manejo agronómico del cultivo y para llevar a cabo las aplicaciones de herbicidas.

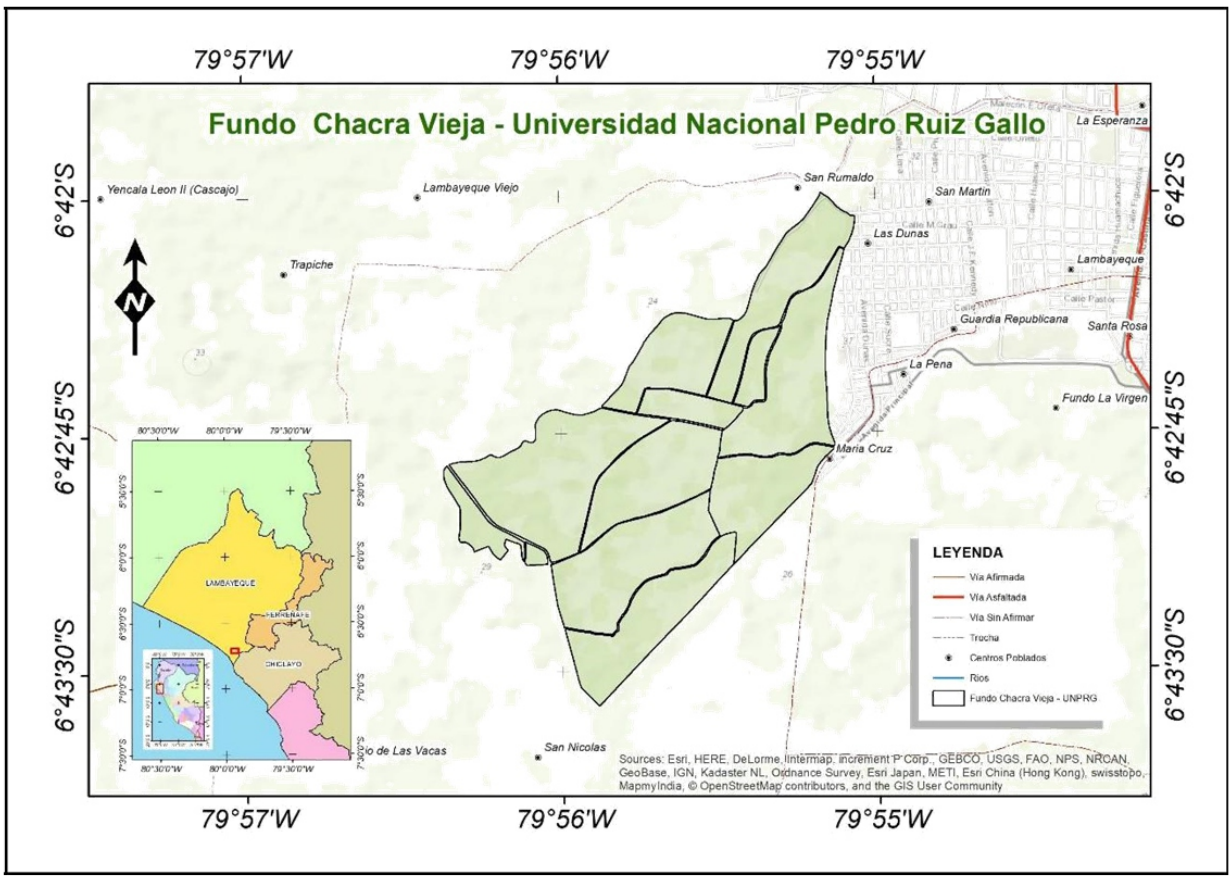


Figura 1. *Área de estudio. Fundo "Chacra Vieja" de la Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo*

Los datos de campo fueron obtenidos, de 59 puntos de muestreo, de los cuales se tomó sus coordenadas geográficas en sistema UTM WGS 84, el cual se consideró como centro del área de evaluación del rendimiento, el área de cada punto fue de un metro cuadrado ($1m^2$), donde se evaluó y tomo datos de cada uno de los factores que contribuyen significativamente al rendimiento de arroz en grano, los cuales son: número de panículas por unidad de área, número de espiguillas o granos por panícula, porcentaje de granos llenos y el peso de los 1 000 granos llenos, con estos datos se estimó la producción por hectárea con la siguiente formula:

$$\text{Rendimiento por hectárea} = \text{N° panojas} \times \frac{\text{N° granos}}{\text{m2}} \times \frac{\%\ \text{granos llenos}}{\text{panoja}} \times \text{peso de 1000 granos} \times 0.0001$$

Formula 2

Para obtener los datos de NDVI, se utilizaron dos imágenes captadas por los satélite Landsat 8 y Sentinel 2, correspondientes a las fechas: 24 de marzo y 22 de marzo del 2016, los sensores multiespectrales que se encuentran en cada uno de

los satélites proporcionaron imágenes corregidas geométricamente con resolución espacial de 30x30 m y 10x10 m respectivamente, con la resolución espectral: 2 Bandas, rojo (R, 665-685 nm) e infrarrojo cercano (NIR, 770- 790 nm).

Con los niveles digitales (ND) se calcularon los índices de vegetación NDVI para cada imagen usada.

Los datos de NDVI, se calcularon en el caso de Sentinel 2 con las bandas 4(R) y 8 (IRC), para Landsat con las bandas 4(R) y 5(IRC). Estos valores se remplazaron en la fórmula 1 para determinar el valor de NDVI para cada punto evaluado.

Con los datos de producción trasformados y los datos de NDVI extraídos, se procedió a efectuar el análisis estadístico, realizándose tanto para los datos de producción y los NDVIs estadística descriptiva para analizar la dispersión de los datos evaluados. Con los valore de NDVI y el rendimiento (R) se formaron pares con los cuales se obtuvo la ecuación de predicción de cosecha, para generarla se aplicó el método de dispersión de datos utilizando como variable dependiente el dato de rendimiento y como variable independiente el NDVI (obtenido con las imágenes de marzo del 2016). Posteriormente a la dispersión de datos se ajustó una función lineal considerando que ésta es la que mejor responde al rendimiento de arroz en relación con el NDVI.

Resultados

Los resultados encontrados usando los parámetros de la estadística descriptiva, tenemos que para el NDVI del sensor Sentinel 2 su promedio fue de 0.47 y para Landsat 8 de 0.30

Tabla 1.
Análisis de dispersión de datos

ESTADISTICA DESCRIPTIVA	NDVI_S2_22MR	NDVI_L8_24MA	NDVI_MOD_2	P. Seco/Ha_I
Promedio	0.474580254	0.304548169	0.593544068	6740.338983
Desviación estándar	0.116498614	0.082794238	0.126864768	1781.02626
Rango	0.425751	0.304638	0.5106	7268
Mínimo	0.251688	0.146627	0.3222	3088
Máximo	0.677439	0.451265	0.8328	10356

La distribución de frecuencia de los valores de NDVI para ambos sensores se muestra en los cuadros 2 y 3 y en el 4 la distribución de la producción los cuales abarcan 3 clases.

Tabla 2.
Análisis de dispersión de datos

Clase	Frecuencia	% Acumulado
0.36	12	23.53
0.57	31	84.31
0.71	16	100
Y mayor….	0	100

Tabla.3.
Distribución de los valores de NDVI Landsat 8

Clase	Frecuencia	% acumulado
0.36	39	66.10
0.57	20	100
0.71	0	100
Y mayor….	0	100

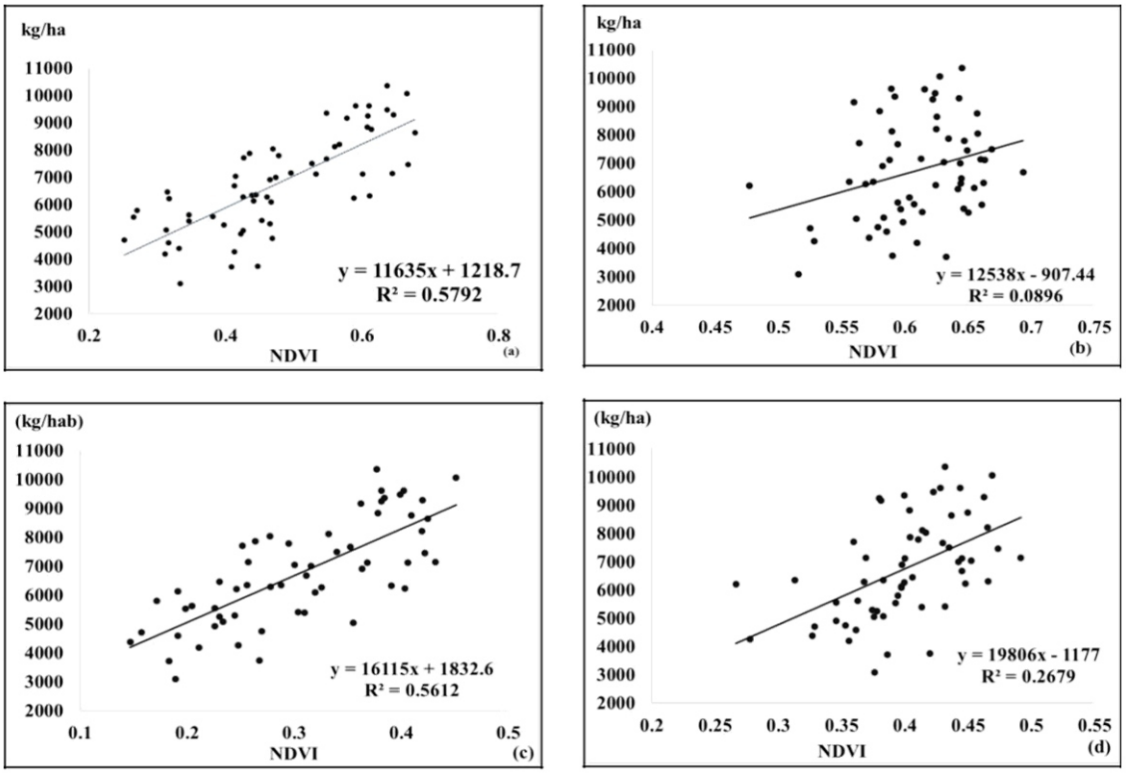
Tabla.4.
Distribución del Rendimiento Insitu

Clase	*Frecuencia*	*% acumulado*
4959	10	16.95
6740	21	52.54
8521	16	79.66
Y mayor…	12	100

El grado de correlación y regresión lineal para los pares de Rendimiento y niveles digitales de NDVI se reporta en la tabla 5.

Tabla 5.
Coeficiente de determinación (r2) de la regresión lineal entre el rendimiento NDVI, y coeficientes de correlación entre estas variables (r).

Gráfico	Sensor	r	Ecuación de regresión Y=aX + b	R^2 Rendimiento
a	Sentinel 2 (22 Marzo)	0.7600	Y_a = 11635X + 1218.7	0.5790
b	Sentinel 2 (21 Abril)	0.2900	Y_b =12538X - 907.44	0.0800
c	Landsat 8 (24 Marzo)	0.7400	Y_c = 16155X + 1832.6	0.5612
d	Landsat 8 (9 Abril)	0.5000	Y_d = 19806X - 1177	0.2670
f	MODIS (22 Marzo)	0.5171	Y_f = 72591X - 2431.7	0.2674



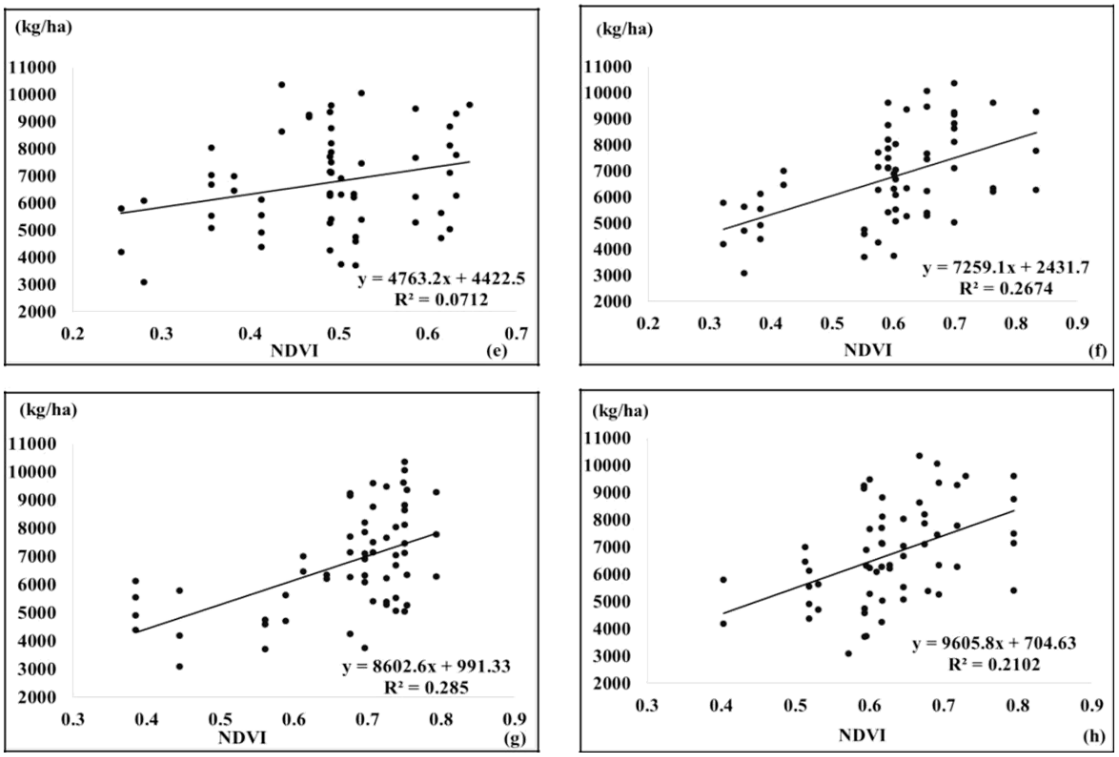


Figura 1. *Relación entre el rendimiento del arroz (kg/ha) y los índices NDVI para el año 2016 (a) Sentinel 2 - 22 de marzo (b) Sentinel 2 - 21 de abril (c) Landtsat 8 - 24 de marzo (d) Landsat 8 - 9 de abril (e) MODIS – 6 de marzo (f) MODIS – 22 marzo (g) MODIS – 7 de abril (h) MODIS – 23 de abril.*

Tabla 6.a

Datos de la Producción in-situ y el rendimiento estimado a partir del NDVI.

Muestra	X_WGS84	Y_WGS84	Rendimiento insitu (kg)ha)	Rendimiento Estimado (kg/ha) [Ya]	Diferencia	Rendimiento estimado (kg/ha) [Yc]	Diferencia
1	619016	9258316	9245	8294	951	7993	1252
2	619075	9258284	8114	7734	380	7193	921
3	619055	9258229	8825	8290	535	7942	883
4	618976	9258160	5041	6172	-1131	7573	-2532
5	618976	9258090	7115	7408	-293	7785	-670
6	618719	9258196	4256	6021	-1765	5831	-1575
7	618564	9257583	5789	4357	1432	4606	1183
8	618526	9257512	4189	4835	-646	5242	-1053
9	618405	9257466	3088	5101	-2013	4882	-1794
10	618062	9257681	5528	4304	1224	5034	494
11	617957	9257575	3706	5967	-2261	4785	-1079
12	618064	9257518	5624	5242	382	5131	493
13	617945	9257444	4746	6670	-1924	6187	-1441
14	618026	9257400	4585	4896	-311	4919	-334
15	617922	9257343	4914	6134	-1220	5480	-566
16	617903	9257339	5546	5655	-109	5480	66
17	617993	9257262	4378	5074	-696	4201	177
18	617904	9257182	6124	6349	-225	4918	1206
19	618236	9257508	4702	4147	555	4372	330
20	619002	9258470	9157	7941	1216	7684	1473
21	618916	9258405	8638	9101	-463	8696	-58
22	618950	9258248	7457	8979	-1522	8648	-1191

23	618887	9258095	10055	8967	1088	9123	932
24	618867	9258498	10356	8622	1734	7927	2429
25	618681	9258541	9613	8091	1522	8327	1286
26	618630	9258401	6213	4906	1307	5804	409
27	618717	9258366	6341	6318	23	6478	-137
28	618649	9258236	7147	6983	164	5988	1159
29	618951	9258018	7661	7588	73	7527	134
30	618841	9257992	6227	8055	-1828155	8348	-2121
31	618788	9258039	9471	8624	847	8276	1195
32	618679	9258098	7702	6179	1523	5897	1805
33	618607	9258033	5386	5245	141	6835	-1449
34	618539	9258111	6272	6581	-309	7091	-819
35	618484	9258070	7868	6278	1590	6091	1777
36	618433	9258125	9351	7595	1756	8042	1309
37	618349	9258141	6346	6386	-40	5962	384
38	618351	9258096	5256	5844	-588	5553	-297
39	618216	9258069	7498	7343	155	7322	176
40	618134	9257978	5406	6489	-1083	6735	-1329
41	618015	9257961	7778	6773	1005	6594	1184
42	617830	9257980	6280	6174	106	6320	-40

Tabla 6b.

Datos de la Producción in-situ y el rendimiento estimado a partir del NDVI

Muestra	X_WGS824	Y_WGS824	Rendimiento in (kg/ha)	Rendimiento situestimado (kg/ha) [Ya]	Diferencia	Rendimiento estimado (kg/ha) [Yc]	Diferencia
43	617850	9257910	9281	8737	544	8610	671
44	618092	9257900	9605	8318	1287	7994	1611
45	618089	9257778	6675	6016	659	6864	-189
46	618282	9257974	8207	7805	402	8609	-402
47	618182	9257948	8749	8359	390	8442	307
48	618190	9257867	7133	8714	-1581	8812	-1679
49	618172	9257796	7040	6042	998	6684	356
50	618118	9257689	8034	6674	1360	6310	1724
51	618104	9257635	5073	4858	215	5608	-535
52	618359	9257967	7111	8206	-1095	8391	-1280
53	618834	9257878	5284	6623	-1339	5791	-497
54	618806	9257799	6993	6722	271	6932	61
55	618708	9257817	6315	8329	-2014	8148	-1833
56	618719	9257754	3740	6421	-2681	6152	-2412
57	618620	9257812	6904	6626	278	7702	-798
58	618478	9257839	6085	6645	-560	6991	-906
59	618791	9257696	6457	4883	1574	5550	907

En la Figura 2 se presentan los mapas de la estimación del rendimiento para las campañas 2016 y 2017. En los que se puede notar la clara diferencia de nivel de detalle debido a la diferencia en resolución espacial para cada uno de los sensores, donde en Landsat 8 tenemos pixeles de 30 x 30 metros a diferencia que para Sentinel 2 nos da pixeles de 10 x 10 metros de tamaño.

0.16 lo cual indica fuerte variación o dispersión de datos, esto es debido a que el área experimental tiene una gran variabilidad espacial en cuanto a la salinidad (Córdova, 2011) factor que influye directamente en la estructura de la planta. Los valores de S^2 para el NDVI en Landsat 8 fue de 0.08 lo cual indica baja variabilidad espacial, esto se explica por la diferencia de resolución espacial entre las imágenes Sentinel 2 y Landsat 8. Esta diferencia de resolución espacial comprueba la alta variabilidad espacial la salinidad de los suelos, manifestada en la mayor escala de captación de cada pixel del satélite Landsat 8, expresado en menor detalle de captación de la cubierta vegetal.

En cuanto al rendimiento se registró como valor máximo 10'656.00 kg/ha y mínimo 3'088.00 kg/ha con un promedio de 6'742.00 kg/ha con una desviación estándar de 1'781.00 kg/ha lo cual indica una fuerte variación de datos, debido al manejo del cultivo y a la amplia variabilidad especial en cuanto a la conductividad eléctrica del suelo.

Los puntos evaluados registran valores de NDVI promedio y valores máximos para el cultivo de arroz (0.57 y 0.71 respectivamente) lo cual concuerda con los datos encontrados y anteriormente reportados, en cuyas investigaciones concluyen que en el 70.03% de sus datos evaluados se registraban estos parámetros durante la fase de maduración del cultivo, fase que se da inicio en el momento de la emergencia de la hoja bandera y formación del punto de algodón, siendo la razón por la cual en este momento el NDVI alcanza su pico más alto, debido a que esta fase se caracteriza por que la planta alcanza su máximo desarrollo foliar, que respecta a máximo macollamiento, engrosamiento del tallo y crecimiento de la panoja (Olmos, 2007; García, 2010; Cotrina, 2016).

Los coeficientes de correlación (r – para el rendimiento con el NDVI) fueron débiles para el 21 de abril con el sensor Sentinel y correlaciones moderadas y fuertes para los demás casos (Gráfico 1). Para las relaciones entre el rendimiento y los niveles digitales del NDVI, el valor más alto del coeficiente de determinación se obtuvo de Sentinel 2 del 22 marzo del 2016 ($r^2 = 0.57$), y para Landsat 8 del 24 marzo del 2016 (r^2=0,56) como se detalló en la Tabla 5. Estos datos indican que hay buena relación entre el NDVI obtenido de estos sensores y el rendimiento.

La relación establecida entre el rendimiento (R) y NDVI antes de la emergencia de la panícula es la siguiente expresión exponencial:

$$\mathbf{Y = aX + b}$$

Donde **R = Y** en kg/ha es la variable dependiente de **X**, **a** toma el valor 1 163 kg/ha y **b** el valor 1 268,7. **X** es el valor de NDVI obtenido luego de corregida la imagen de efectos atmosféricos para el sensor Sentinel, y para el sensor Landsat **a** toma el valor 16 115 kg/ha y **b** el valor 1 832.6. El coeficiente más alto de determinación logrado para el ajuste fue de 0.57 (Gráfico 1.a).

Tubaña et al. (2012), Gilbert y Melia (1990) también encontraron buenas relaciones del rendimiento de arroz con índices espectrales obtenidas antes de la emergencia de la panícula.

La buena relación encontrada entre el NDVI y el rendimiento permitió obtener mapas del rendimiento para la campaña 2015-2016 (Figura 2.a y 2.c) y mapas de predicción del rendimiento para la campaña 2016-2017 (Figura 2.b y 2d) a partir de valores de NDVI de la misma área de estudio y en el mismo estado fenológico (punto de algodón) del cultivo evaluado en la campaña pasada 2016. Este tipo de información puede ser relevante para el manejo agrícola de la parcela en el futuro.

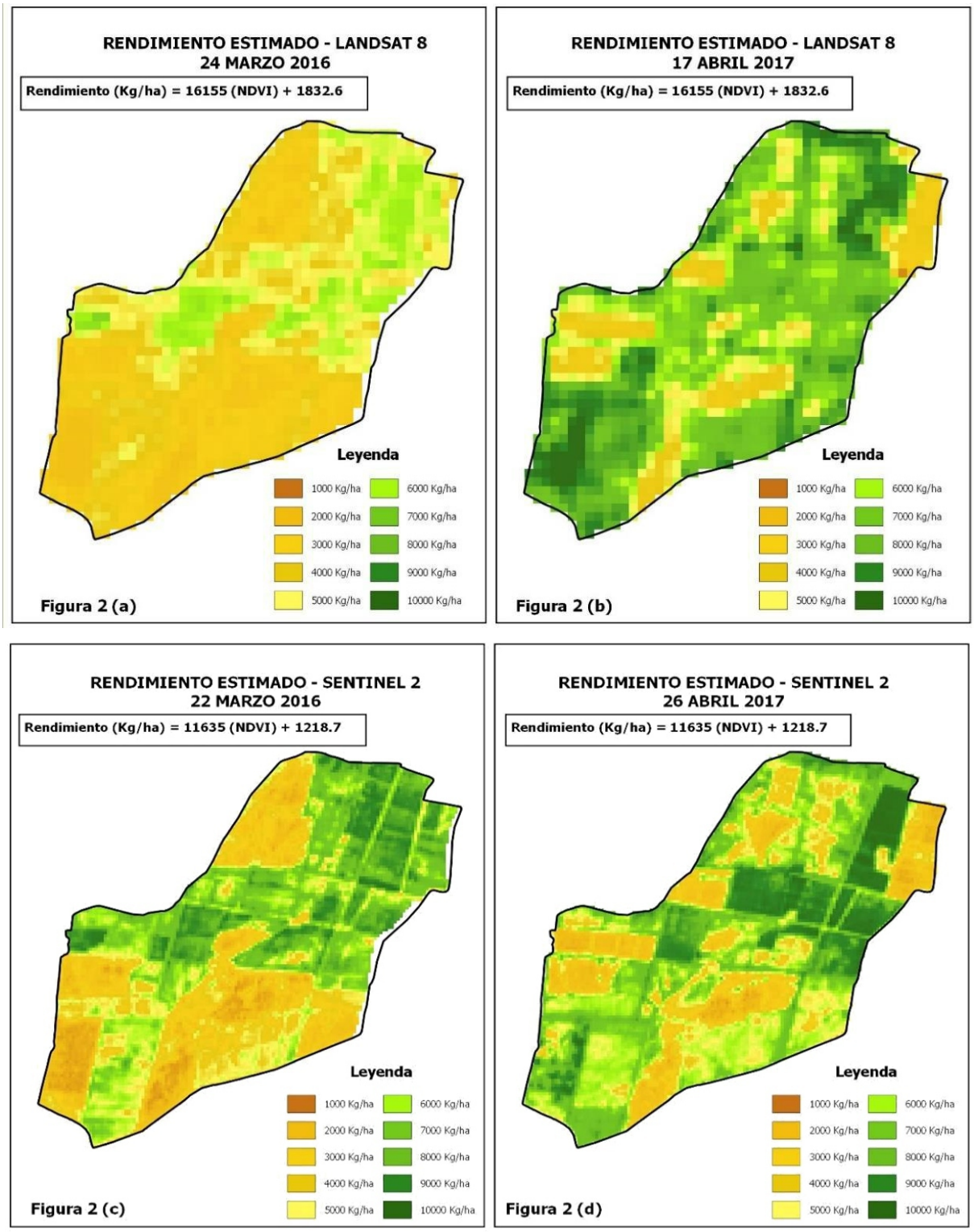


Figura 2. *Mapas de Rendimiento (kg/ha) a partir del NDVI (a) Landsat 8 - 24 de marzo 2016 (b) Landsat 8 - 17 de abril 2017 (c) Sentinel 2 - 22 de marzo 2016 (d) Sentinel 2 - 21 de abril del 2017.*

Discusión

Los resultados del análisis de datos, usando parámetros de estadística descriptiva tenemos que los valores promedio de NDVI para el caso del sensor Sentinel 2 fue de 0.47 y para el Landsat 8 fue de 0.30, estos valores son menores del rango promedio del valor de NDVI reportado por (Martínez, 2017) que fue de 0.57 y la desviación estándar (S^2) para los datos de Sentinel 2 fue de

Conclusiones

Las relaciones lineales entre el rendimiento del arroz y los niveles digitales del NDVI fueron significativas para los sensores de los satélites Landsat 8 y Sentinel 2 tomadas el 24 Y 22 de marzo respectivamente, fechas que coinciden con el momento de la formación de la panoja o estado conocido más como el puto de algodón (Tabla 5 y Figura1). Otra de las conclusiones de esta investigación es que la mejor etapa fenológica para determinar producción de arroz usando imágenes Landsat 8 y Sentinel 2, en zonas agrícolas con suelos de alta variabilidad espacial es el punto de algodón.

El uso de datos imágenes para estimar el rendimiento de arroz está afectado también por la variabilidad espacial de los suelos en relación con su contenido de sales solubles totales, la resolución espacial del pixel de la imagen y con el estado fenológico del cultivo.

La metodología aplicada permitió generar mapas de rendimiento estimados a partir del NDVI.

Referencias Bibliográficas

Agencia Andina (2017). Perú es una nos los mayores consumidores de arroz en America Latina. Andina.com.pe. Recuperado el 06 de Julio del 2017 https://goo.gl/y86Txy

Aguilar, D.; Álava, D.; Burbano, J.; Pérez, P.; Ruiz, V. et al. (2016) Estimación de superficie sembrada de arroz.
(Oryza sativa), maíz amarillo duro (Zea mays l.) y soya (Glycine max) del año 2016; en las provincias de Manabí, los ríos, Guayas, Santa Elena, Loja y el Oro. Dirección de Investigación y Generación de Datos Multisectoriales (DIGDM) de la CGSIN. Recuperado de https://goo.gl/iVBNYm.

Autoridad Estadística Agraria Nacional | Sistema Integrado de Estadísticas Agrarias. (2017). Siea.minagri.gob.pe. Recuperado el 6 julio del 2017, de https://goo.gl/S72vP7

Channg et al. (2005) Predicting rice yield using canopy reflectance measured at booting stage. Agronomy Journal 97: 872-878.

Córdova N., Rodil L. (2011) Estimación de la salinidad del suelo de los fundos Chacra Vieja y el Ciénago de la Universidad Nacional Pedro Ruíz Gallo Facultad de Agronomía (Lambayeque) Usando Imágenes de Satélite. Tesis para optar el título de ingeniero agrónomo UNPRG.

Cotrina V., Luís M. (2016). Método para estimar el área sembrada del cultivo de arroz (Oryza sativa L.) utilizando los índices de vegetación (IVs) campañas 2010-2013 en la Región Lambayeque. Tesis para optar el título de ingeniero agrónomo UNPRG.

De la Casa, Antonio, & Ovando, Gustavo. (2007). Integración del Índice de Vegetación de la Diferencia Normalizada (NDVI) y del Ciclo Fenológico de Maíz para Estimar el Rendimiento a Escala Departamental en Córdoba, Argentina. Agricultura Técnica, 67(4), 362-371. Recuperado el 6 de Julio del 2017 de, https://goo.gl/VxGeBq

Fiant, S., Alonso,, C., Meriggiola, P., Fuentes, L., Spinazzé, C., & Agusto, G. et al. (2016). Correlación entre índices de vegetación y rendimiento de maní a escala regional en Córdoba. Bolsa De Cereales De Córdoba., semillas@bccba.com.a. Recuperado el 14 de julio de, https://goo.gl/Xr595Q

Gilabert, M. A., Meliá, J. 1990. Usefulness of the temporal analysis and the normalized difference in the study of rice by means of landsat-5 TM images: Establishment of

Relationships for Yield Prediction Purpose. Geocarto International 5: 27-32.

J., S., & Martinez, L. (2017). Método para identificación de cultivos de arroz (Oryza sativa L.) con base en imágenes de satélite. Revistas.unal.edu.co. Recuperado el 7 julio del 2017 de, https://goo.gl/Rnfw3F

MINAGRI (2010) Arroz en el Perú. Oficina De Estudios Económicos Y Estadísticos (OEEE). Lima, Perú. Recuperado el 6 de Julio del 2017, de https://goo.gl/7yrwsf

Moreno-García, B., Guillén, M., Casterad, M., & Quílez, D. (2013). Uso de imágenes aéreas multiespectrales para estimación del rendimiento en cultivo de Arroz. XV Congreso De La Asociación Española De Teledetección, Octubre, 2013, (INTA, Torrejón de Ardoz (Madrid).), 22-24. Recuperado el 14 de julio de https://goo.gl/i6TKYH

Oficina de Estudio Económicos y Estadísticos – OEEE (2012) Lineamientos Metodológicos de la Actividad Estadística del Sistema Integrado de Estadística Agraria (SIEA). Lima, Perú. Recuperado el 6 de julio del 2017, de https://goo.gl/S72vP7

Olmos, S. (2007). Apunte de la morfología, fenología, ecofisiologia y mejoramiento genético del arroz. (U. Facultad de ciencias agrarias, Ed.) Catedra de Cultivos II. Recuperado el 9 de julio de 2017 de https://goo.gl/a4tQmL

Rivas, R., Ocampo, D., & Carmona, F. (2011). Modelo de predicción de rendimiento de trigo a partir de NDVI: aplicación en el contexto de la agricultura de precisión. Anais XV Simpósio Brasileiro De Sensoriamento Remoto - SBSR, Curitiba, PR- INPE, (Vol. 30, pp. 584-590). Recuperado 9 de julio del 2017 de, https://goo.gl/UvedGd Rouse, J.W., Haas, R.H., Schell, J.A. and

Deering, D.W., 1973, Monitoring vegetation systems in the Great Plains with ERTS. In 3rd ERTS Symposium, NASA SP-351 I,pp. 309–317.

Sifuentes Elar, Albujar Víctor & Carlos Cajas Juan (2017) Boletín Estadístico de Producción – Agrícola y Ganadera – I Trimestre 2017. Dirección General de Seguimiento y Evaluación de Políticas (DGESEP), Sistema Integrado de Estadística Agraria. Lima, Perú. Recuperado el 6 de julio del 2017, de https://goo.gl/5bDei2

Tubaña, B. S., Harrel, D. L., Walker, T.,Teboh, J., Lofton, J., Kanke, Y. 2012. In season canopy reflectance-based estimation of rice yield response to nitrogen. Agronomy Journal 104: 1604- 1611.

Weiss, M., D. Troufleau, F. Baret, H. Chauki, L. Prévot, A. Olioso, et al. 2001. Coupling canopy functioning and radiative transfer models for remote sensing data assimilation. Agric. For. Meteorol.108:113-128

Introducción

En los servicios de cirugía del hospital II-2 de Tarapoto (cirugía general, traumatología, neurocirugía, urología, cirugía plástica y otorrinología) los pacientes presentaban náuseas, vómitos, dolor epigástricos etc. frecuentemente durante y después de la administración de los medicamentos. La misma sintomatología se observaron en otros servicios como medicina, generando malestar y reclamos de los pacientes y familiares. Desde el punto de vista de la enfermería se planteó el siguiente problema de investigación ¿Cómo reducir los efectos colaterales en un paciente cuando se les administra los medicamentos? La hipótesis planteada fue que si los medicamentos se diluyen según su pH y en mayor tiempo disminuirán significativamente los efectos colaterales". El objetivo general fue "Medir el grado de relación que existe entre los efectos colaterales y la dilución de los medicamentos endovenosos en los usuarios internados en el servicio de cirugía del Hospital II- 2 de Tarapoto.

Este planteamiento de la investigación se desarrolló, porque la mayoría de los medicamentos son ácidos o bases débiles y cuando se hallan en disolución se encuentran parcialmente ionizados, existiendo un equilibrio entre la fracción ionizada y no ionizada. El pH influye en la absorción debido a su capacidad para ionizar sus moléculas. Las formas ionizadas, son hidrosoluble y difunde mal. Las formas no ionizadas son liposolubles y se absorben con facilidad mediante difusión simple (Ferrandis T. V. 2012).

Malgor L.A, Valsecia M.E. (1999) indican que la porción no ionizada de las drogas es usualmente liposoluble y por lo tanto puede atravesar las membranas por difusión pasiva. La fracción ionizada, por su escasa solubilidad en lípidos, no puede atravesar las membranas celulares o lo hace escasamente. La distribución de la fracción ionizada de una droga, que no puede atravesar las membranas y de la fracción no ionizada, que si pasa las membranas por difusión pasiva, está determinada por el pKa de la droga, que es el grado de ionización de la misma a un pH determinado, y por el gradiente de pH de acuerdo con la ecuación de Henderson- Hasselbach.[6]

Guerra L.P. (2011) señala que "cuando la membrana separa dos medios con distinto pH, se producirá una acumulación del fármaco en el lado en que haya mayor grado de ionización: las bases en el medio ácido y los ácidos en el medio básico. En los procesos de absorción, el fármaco absorbido es retirado constantemente por la sangre, que lo transporta al resto del organismo, por lo que no llega a alcanzarse un equilibrio y el proceso continúa hasta que la absorción es completa.

Así que ionizada = polar = soluble en agua

No -ionizada = menos polar = más liposoluble

De lo expuesto surge claramente que el pH de la solución en la que está disuelta la droga tiene gran importancia para los procesos de absorción pasiva. Los ácidos débiles se absorben bien en el estómago, donde el pH es ácido, y las bases se absorben mejor en el intestino donde el pH es alcalino".

Sanz MJ Lázaro D. A. (2015), manifiestan que:

"Los fármacos pueden producir al menos tres tipos de efectos: primario, colateral y secundario: El efecto primario se produce sobre los receptores específicamente buscados al diseñar el fármaco, esto es, aquellos que son sus "objetivos". Un efecto colateral es cuando el fármaco produce un efecto sobre un receptor diferente del originalmente deseado como