



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA AMBIENTAL

**IDENTIFICACIÓN DE SUELOS SALINOS MEDIANTE APLICACIÓN DE
UN MODELO MATEMATICO EN IMÁGENES DEL LANDSAT 8/LDCM
EN EL DISTRITO DE OCUCAJE, 2018**

**TESIS PARA OBTENER EL TITULO PROFESIONAL DE
INGENIERO AMBIENTAL**

AUTOR:

CURI QUISPE, FIDELINO

ASESOR:

HERRERA DIAZ, MARCO ANTONIO

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

CALIDAD Y GESTION DE LOS RECURSOS NATURALES

LIMA – PERÚ

2018

El Jurado encargado de evaluar la tesis presentada por don
 (a) Fidalino Curi Quispe
 cuyo título es: Identificación de suelos salinos mediante aplicaciones de un modelo matemático con imágenes del landsat 8/LDCM en el distrito de Ocucaje, 2018.

Reunido en la fecha, escuchó la sustentación y la resolución de preguntas por el estudiante, otorgándole el calificativo de: 14
 (Número) CATORCE (letras).

Lima.....10.....de 12 del 2018.



 Mg. Antonio F. Sernaqué Auccahuasi
 PRESIDENTE



 Mg. Rita Jaqueline Cabello Torres
 SECRETARIA



 Mgtr. Marco Antonio Herrera Diaz
 VOCAL

Dedicatoria.

A Dios sobre todas las cosas,

A mis padres quienes estuvieron ahí en mis alegrías y tristezas,

A mi familia y amigos por apoyarme en todo momento

Agradecimiento.

A la Universidad Cesar Vallejo, por darme la oportunidad de poder estudiar la carrera de Ingeniería Ambiental, por formarme como persona y profesional.

A los asesores, profesores, amigos y todas las personas que colaboraron en el desarrollo de esta gratificante experiencia y sobre todo a mis padres y hermanos.

DECLARACION DE AUTENTICIDAD.

Yo CURI QUISPE FIDELINO con DNI N° 71976554, a efecto de cumplir con las disposiciones vigentes consideradas en el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad César Vallejo, Facultad de Ingeniería, Escuela de Ingeniería Ambiental, declaro bajo juramento que toda la documentación que acompaño es veraz y auténtica.

Así mismo, declaro también bajo juramento que todos los datos e información que se presenta en la presente tesis son auténticos y veraces.

En tal sentido asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información aportada por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas de la Universidad César Vallejo.



CURI QUISPE FIDELINO

PRESENTACION.

Señores miembros del Jurado:

En cumplimiento del Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad César Vallejo presento ante ustedes la Tesis titulada “identificación de suelos salinos mediante un modelo matemático con imágenes del Landsat 8/LDCM en el distrito de Ocucaje, 2018”, la misma que someto a vuestra consideración y espero que cumpla con los requisitos de aprobación para obtener el título Profesional de Ingeniero Ambiental.

INDICE

I. INTRODUCCION	12
1.1. Realidad problemática.	14
1.2. Trabajos previos.	14
1.3. Fundamento teórico.	16
1.3.1. Salinidad	16
1.3.1.1. Proceso de salinización.	16
1.3.1.2. Características de los suelos salinos.	16
1.3.1.3. Causa de salinización.	17
1.3.1.4. Efectos de la salinización.	18
1.3.1.5. Clasificación de los suelos salinos.	19
1.3.1.6. Fenómenos de salinización a nivel mundial	20
1.3.1.7. Fenómeno de salinización a nivel nacional	21
1.3.1.8. Medida de la salinidad del suelo	22
1.3.1.9. Conductividad eléctrica del suelo (C.E.)	23
1.3.2. Landsat 8 LDCM.	23
1.3.2.1. Programa landsat	23
1.3.2.2. Instrumentos en landsat 8	25
1.3.2.3. Sistema terrestre.	27
1.3.2.4. El satélite LDCM.	27
1.3.2.5. Corrección Radiométrica.	28
1.3.2.6. Conversión a Reflectancia	29
1.3.2.7. Índice normalizado de vegetación (NDVI)	29
1.3.2.8. Índice de salinidad (INDSAL)	31
1.4. Formulación del problema.	31
1.6. Hipótesis.	32
1.7. Objetivos.	32
II. MÉTODO	33
2.1. Diseño de investigación.	34
2.2. Variable operacionalización.	34
2.2.1. Variable.	34
2.2.2. Matriz de Operacionalización de variables	35
2.3. Población y Muestra.	37

2.3.1.	<i>Población.</i>	37
2.3.2.	<i>Muestra.</i>	37
2.4.	Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad	37
2.4.1.	Descripción del procesamiento	37
2.4.2.	Técnica de recolección de datos	37
2.4.3.	Instrumentos de recolección de datos.	37
2.4.4.	Validez y confiabilidad del instrumento.	38
2.5.	Métodos de análisis de datos.	38
2.5.1.	Recolección de datos.	38
2.5.2.	Flujo grama de investigación.	39
2.6.	Aspectos éticos.	39
III.	RESULTADOS	40
VI.	RECOMENDACIONES.	54
VII.	REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.	55
VIII.	ANEXOS.	61

Índice de tablas.

Tabla1: Clasificación de suelos salinos.	18
Tabla 2: Distribución de las bandas en OLI y TIRS	23
Tabla 3. Matriz de operacionalización de variables	34
Tabla 4: Clasificación de valores de NDVI	42
Tabla5: Resultados de conductividad eléctrica en muestras in-situ, distrito Ocucaje-Ica.	44
Tabla6: Resultados de C.E. de muestras in-situ e Indsal del distrito Ocucaje- Ica	46

Índice de figuras

Fig. 1 ancho de bandas OLI y TIRS	24
Fig. 2 Descripción de los subsistemas en la plataforma LDCM	26
Fig. 3 comportamiento espectral de la vegetación.	28
Fig. 4 imagen satelital color verdadero (RGB)	37
Fig. 5 salinidad del suelo en valores adimensionales de -1 a 1	40
Fig. 6 Clasificación de suelos salino en el distrito Ocucaje- Ica.	41
Fig. 7 Valores de NDVI, distrito de Ocucaje- Ica.	42
Fig. 8 Área y puntos de muestreo.	43
Fig. 9 localizaciones de salinidad del suelo en el área de estudio en cala de grises y colores	45
Fig. 10 Correlación de Indsal & CE	46

RESUMEN

El trabajo de investigación tiene por objetivo identificar los suelos salinos mediante la aplicación de un modelo matemático en imágenes del Landsat 8/LDCM tomadas del distrito de Ocucaje, 2018. Los suelos salinos se caracterizan por tener alto contenido de sales solubles en la superficie del suelo, que en las imágenes del Landsat 8/LDCM su reflectancia esta expresada en valores negativos, indicando que mientras más negativo son los valores de reflectancia, la salinidad será mayor. Se realizó el procesamiento de corrección radiométrica y atmosférica para aplicar el modelo matemático que fue el índice de salinidad (Indsal) propuesto por Found Al Khaier (2005) y el NDVI. Utilizando las bandas 6 y 7 en el Indsal y las banda 4 y 5 para el NDVI, que permitieron la clasificación de suelos salinos y la distribución espacial de la salinidad en el distrito de Ocucaje, de los cuales se tomó 1 km² del distrito de Ocucaje para la validez del modelo matemático con la relación de la conductividad eléctrica de muestras in-situ con los valores de reflectancia del Indsal, teniendo una relación de 0.9204. Lo cual indica que el modelo matemático expresado en el Indsal permite identificar los suelos salinos y su clasificación.

Palabra clave: suelo salino, clasificación de suelos salinos, NDVI, Indsal

ABSTRACT

The identification of soils for management or application of management to solve these problems. Currently the district of Ocucaje-Ica, is undergoing a process of salinization that is leading to loss of cultivable areas, for this in this research, a mathematical model proposed by Found Al Khaier (2005) is proposed, which proposed the combination of 5 and 7, in a way that allowed to identify the saline soils according to their classification, likewise verify the correlation of the electrical conductivity of in-situ data with the digital levels of the NDVI, with a correlation of 0.9204.

Keyword: saline soil, classification of saline soils, NDVI, Indsal

I. INTRODUCCION.

Actualmente el fenómeno de salinización de suelos no es ajeno a la realidad nacional, este fenómeno se viene manifestado con mayor intensidad especialmente en los valles y las costas peruanas, limitando proyectos de riego en la agricultura, ya que este fenómeno limita el desarrollo de actividades agrícolas y recreacionales, debido a que tiende a degradar la calidad del suelo, provocando el abandono de sus parcelas cultivables generando pérdidas económicas a los pobladores del distrito de Ocucaje.

El distrito de Ocucaje-Ica, se encuentra limitado por el Norte y Noreste con Santiago; por el Este y Sureste con Santiago, por el Sur y Suroeste con Santiago y el Océano Pacífico, y por el Oeste y Noroeste con Ica y Santiago. Cuenta con una superficie física de 2,944 Km² y se encuentra ubicado geográficamente a 14°21' de latitud Sur y 75°40' de longitud Oeste. A 300 m.s.n.m. de altitud, (portal la voz de Ica. 2013, párr. 3). Siendo las más afectadas los suelos agrícolas debido al proceso de salinización los suelos, reduciendo el desarrollo normal de la agricultura local, ya que los cultivos tienen deficiencias para su desarrollo y crecimiento, tales que generan pérdidas económicas a los agricultores locales.

Para los especialistas del ministerio del ambiente, la salinización del suelo en gran parte se da en las costas peruanas siendo la costa norte la más afectada. Así mismo en la sierra este fenómeno debido al inadecuado manejo del agua y en la selva causada por la deforestación, quedando como suelos desérticos debido al exceso de sal en el suelo. Por lo que el distrito de Ocucaje está pasando por este fenómeno de salinización de suelos.

la investigación tiene por objetivo la identificación de suelos salinos por medio de la aplicación de un modelo matemático propuesto por Found Al Khaier (2005), lo cual fue adaptado al satélite Landsat 8/LDCM, generando imágenes multispectrales que muestre las distribuciones de la salinidad en los suelos del distrito de Ocucaje, además el uso de nuevas tecnologías como es el satélite, no solo permitirá identificar suelo salinos, si no que reducir el tiempo de recolección de datos y los análisis en laboratorio. Así mismo permitirá contar con un sistema de evaluación y vigilancia de la degradación de los suelos para manejar información que sirva de selección de áreas más afectadas para luego determinar acciones de combate más pertinentes.

Este proyecto de investigación contribuirá con información confiable y actual sobre las áreas de suelos con excesos de sal, por medio de mapas de salinidad, los cuales ayudaran a incentivar más investigaciones científicas lo que generaría mayor interés por este nuevo método de recolección de información.

Por ello se hace necesario contar con un sistema de vigilancia y evaluación de la degradación de los suelos, con fines de facilitar el manejo de información que permita la selección de áreas más afectadas para luego determinar las acciones más pertinentes que ayuden a reducir la salinidad de los suelos.

1.1. Realidad problemática.

Actualmente los suelos del distrito de Ocucaje-Ica se ven afectados por la acumulación de sales en los suelos, afectando el desarrollo normal de la agricultura local, según el estudio de los especialistas de la autoridad administrativa del agua, “este problema se debe por efecto acumulativo del riego, por inundación de las parcelas mediante las aguas superficiales en temporadas diciembre – marzo, lo que ha provocado taponés entre la superficie y los acuíferos, originando estos el ascenso del agua por capilaridad cuando esta se encuentra a flor de tierra donde por diferencia de temperatura, produce la evaporación del agua y concentración de sales en suelo siendo un proceso continuo”. (Autoridad nacional del agua y ministerio de agricultura y riego, 2013, párr. 3)

Según datos del (INEI 2012) “El distrito de Ocucaje cuenta con 3735 habitantes y con una densidad poblacional de 2,64 habitantes/ kilómetro”. (p. 21). “Este distrito tiene un problema que se está volviendo severo como la salinización de los suelos en las zonas de cultivo, siendo este problema que se ha venido viendo hace muchos años, debido al mal drenaje que está conllevando a la salinización de los suelos generando pérdidas económicas y está en camino de ser suelos áridos. Adicionando el mal manejo de los riegos y la diferencia de temperatura” (Autoridad nacional del agua y ministerio de agricultura y riego, 2013, párr. 4)

1.2. Trabajos previos.

En el (2003) “se utilizó imágenes de las bandas ASTER Y ETM+ para el mapeo de la salinidad de acuerdo con la relación temporal entre la sal del suelo antes de la siembra y durante el crecimiento del cultivo, para calcular el índice de salinidad en el caso del ETM+ las bandas 5 y 7 y para el ASTER se usó las bandas 4 y 5”. (AL- KHAIER, 2003, P.33)

En el (2008) Heidinger realizó un estudio del sistema hidrográfico del lago Titicaca-rio desaguadero-lago Poopó y salar Coipasa. Donde estimó la salinidad del suelo por medio del índice de salinidad que fue calculado por medio de una imagen del sensor MODIS de 500 metros de resolución espacial. Como también realizó la corroboración del índice de salinidad con mediciones en campo usando equipos de inducción electromagnético EM38.

Encontrando una correlación de $r^2 = 0.93$ entre la conductividad eléctrica mediante el equipo EM38 y el índice de salinidad.

En el 2010 (PULIDO. Madrigal, *et al*). “Realizaron un estudio para la identificar la salinidad con imágenes de satélite, de los años 1996 al 2001 en el DR 032 rio mayo, donde se requirió del uso de uno o más cultivos extensivos, que son utilizados como indicadores para detectar la salinidad siendo estas el trigo, algodón y sorgo que son sembrados extensivamente” (2010. 4 p.)

En el 2016 “se emplearon el uso de imágenes HRG-2 (spot), TM (landsat-5) y ETM+ (landsat-7). estimaron el valor máximo de del NDVI e Indsal de las imágenes TM y ETM+ para identificar los suelos con baja calidad agrícola y los suelos degradados por la salinidad, donde se realizó gráficos de dispersión de los valores de la conductividad eléctrica del suelo con los valores de reflectancia espectral de las imágenes de b1, b2, b3 y b4.” (SOCA, R. *et el*, 2016, p.1)

En el 2016 en Etiopia “se realizó un análisis cartográfico de los niveles de salinidad del suelo los cultivos de caña de azúcar con imágenes TM y TM+ donde mostro por medio del índice de salinidad diferencial normalizada (NDSI) que el 6% de la superficie del total se encuentran altamente afectadas por la salinidad del suelo El análisis de la regresión entre los valores de la CE del suelo tomadas en los cultivos de caña de azúcar y los valores de la imagen de NDSI tuvo una relación polinómica de segundo orden con $R^2 = 0.77$ ”(Asfaw ENGDAWORK *et el*, P. 7).

En marzo de (2018) Hao Yu, Mingyue Liu, Baojia Du, Zongming Wang, Liangjun Hu, Bai Zhang. “realizaron Mapeos con múltiples formas de salinidad y sodicidad del suelo en la provincia de Jilin, oeste de China, utilizando imágenes de Landsat 8 OLI y un algoritmo PLSR mejorado a través de la transformación no lineal para recuperar la salinidad y la sodicidad del suelo. Se construyeron relaciones entre las mediciones de campo de salinidad y sodicidad, bandas de reflectancia e índices espectrales; y también se analizaron las distribuciones espaciales y la severidad de salinidad y sodicidad. Los resultados mostraron que las variables más influyentes fueron SI y la banda Verde se transformó a través de “r” Para el modelo de regresión de pH, las variables más influyentes fueron SAVI y la banda

Coastal se transformó a través de "r". El RMSE de pH alcanzó 0,427 ($R^2 = 0,747$) y el de EC alcanzó 0,532 mS / cm ($R^2 = 0.698$)" (p. 14).

1.3. Fundamento teórico.

1.3.1. Salinidad

1.3.1.1. Proceso de salinización.

“Es un fenómeno que consiste primariamente en la acumulación de sales solubles del agua en el suelo, tales como las sales de magnesio (Mg^{2+}), potasio (K^+), calcio (Ca^{2+}), cloruro (Cl^-), sulfato (So_4^{2-}), carbonato (CO_3^{2-}) y bicarbonato (HCO_3). Estas sales tienen un efecto negativo en la química y física de los suelos, así mismo afectan a las raíces de las plantas afectando el crecimiento, desarrollo y productividad”. García, (2002) es citado por Soca flores, (2015)

“Este proceso en primer lugar se debe a los distintos factores de formación de suelos, de modo que en los cultivos donde el material parental es rico en sales tiene una mayor tendencia a la evaporación, concentración y translocación de estas sales, así mismo este fenómeno se da con más intensidad cuando las precipitaciones son escasas. La salinización aumenta con la cercanía al litoral”. (Amezketta E, 2006, p 4)

1.3.1.2. Características de los suelos salinos.

Para Soca flores (2015) que cita a Alva (1976) mencionó que "una de las características físicas de los suelos salinos es la presencia de costras blancas de sales en su superficie. Esto ocurre debido a que hay menor precipitación para lavar y transportar las sales debido a la elevada evaporación que tiende a concentrar las sales en los suelos y en el agua superficial". (p.22)

Según Soca flores (2015) cita a Alva *et al*, (1976) “Uno de los factores relacionados al proceso de salinización en el sistema de drenaje que se da por una red de canales que

recolectan y conducen a otras zonas el agua, además de controlar la acumulación de sales en el suelo, de modo que un drenaje restringido, obstruido contribuye a la salinización de los suelos, ya que puede llevar con él, la presencia de una capa freática poco profunda o una baja y reducida permeabilidad del suelo. Este último puede deberse a la textura o capas endurecidas conformadas por arcilla.” (22-23 pp.)

Es importante tener en cuenta que en un proceso de irrigación, el mal uso del agua provoca, el aumento del nivel del agua de la Napa freática produciendo la salinización del suelo.

1.3.1.3. Causa de salinización.

El proceso de salinización de los suelos según Alarcón (1982), citado por Soca Flores (2015). “Se debe por una acumulación de sales solubles originadas, en un principio, por la intemperización de los minerales; sin embargo, es una causa de acumulación de sales poco dañina, para la formación de suelos salinos las sales tienen que ser transportadas y concentradas siendo los agentes principales el agua y el viento”. (p.22)

Según Caro (1966) citado por Soca Flores (2015) “los suelos salinos se originan a causa de:

- Sales del agua subterránea. Esta es una de las fuentes más importantes de acumulación de sales, en regiones áridas y semiáridas, debido a que el agua subterránea se encuentra a pocos metros de la superficie, hay tendencia a que el agua con contenido de sales ascienda a la superficie por capilaridad, lo que genera la acumulación de sales en la superficie.
- Sales del agua de riego. Toda irrigación trae consigo la recarga del agua subterránea, debido a que las parcelas al inundarse generan el aumento de esta aguas, con la consecuente acumulación de sales en las áreas de cultivo.

- Sales del agua de mar. es una causa importante de salinización de las zonas costeras, siendo estas inundadas por agua de mar, donde las partículas de sal son depositadas en las áreas de cultivo por medio del viento.
- Sales por factores antrópicos. Es uno de los factores que influyen en la concentración de sales en los suelos debido a que generan la elevación de la capa freática por filtración de canales y depósitos sin revestir. También ocurre por la distribución desigual del agua de riego, inadecuados métodos de regadío y drenaje. Y por hacer uso de fertilización y otros insumos, especialmente en zonas de agricultura intensiva”. (p.23)

1.3.1.4. Efectos de la salinización.

Según Ramírez Alaluna, Pamela (2016), cita a Richards, (1954) “la salinidad de los suelos reduce el crecimiento de los cultivos, afectando la productividad y la calidad de los cultivos. El efecto más común de la salinidad sobre los cultivos es la reducción del desarrollo debido a una disminución del potencial osmótico del medio; una toxicidad específicamente, normalmente asociada con la absorción excesiva de iones sódico y cloro; y un desequilibrio nutricional debido a la interferencia de los iones salinos con los nutrientes esenciales” (p.24)

Según SOLENE BENET, Alberto. CANTON CASTILLA, Yolanda (2005) “la sal en cantidades elevadas en el suelo conlleva a una sequía fisiológica de las plantas, esto debido a que deben hacer frente a una presión osmótica demasiado elevada para extraer agua del medio ambiente, ya que las raíces son impedidas a absorber agua del suelo debido a la elevada salinidad del suelo, así mismo conlleva a la toxicidad, tales como algunos iones, como el cloro, sodio y el boro quienes pueden afectar y alterar el correcto desarrollo de las plantas”. (“Mejora de los suelos salinos y control de la erosión en zonas áridas”, p.15)

Así mismo el problema más serio que se produce en el suelo se debe a una elevada concentración de sales sódicas, que producen efectos desfavorables en las propiedades fisiológicas propiciando que las arcillas sean inestables. Por otro lado para ICB (2002)

citado por Ramires Alaluna, Pamela. (2016). “Los efectos son reflejados en la alteración de sus propiedades físicas o químicas como los siguientes.

- sobre el crecimiento vegetal y la producción final.
- Daño a la infraestructura (caminos, ladrillos, otros).
- Reducción de la calidad del agua para los usuarios, problemas de sedimentación.
- Degradación de los cursos de aguas superficiales.
- Erosión de suelo en el caso de que las cosechas sean afectadas por las cantidades de sales.
- Salinización acentuada: exceso de sales, formación de costras de sal.
- Elevación del nivel freático hasta la superficie del suelo, especialmente en zonas áridas donde se acumulan las sales por evaporación”. (p.20)

1.3.1.5. Clasificación de los suelos salinos.

A. **Suelos salinos.** tienen una conductividad eléctrica (C.E) mayor de 4 mmhos/cm ó (ds/m) y un porcentaje de sodio intercambiable (PSI) menor a 15 por ciento y PH menor a 8.5. Estos valores indican que es poco probable que se pueda llevar a cabo el desarrollo normal de los cultivos debido al efecto osmótico de las sales disueltas; se le reconoce por la presencia de contras blancas en el suelo. (FUNDACIÓN PRODUCE NAYARIT, A.C. 2010. p. 25)

B. **Suelos sódicos.** según (SOLENE BENET, Alberto. CANTON CASTILLA, Yolanda, 2005) “Son considerados suelos no salinos con suficiente Na intercambiables como para afectar negativamente la producción vegetal y la estructura del suelo. Este fenómeno no solo se debe al aumento absoluto del Na^+ en el suelo, sino la disminución drástica del contenido de iones Ca^{2+} y Mg^{2+} ”(p.7). tienen un porcentaje de sodio intercambiable mayor de 15 por ciento y una conductividad eléctrica (C.E) menor de 4 mmhos/cm ó ($\text{dS}\cdot\text{m}^{-1}$) a 25°C y un PH generalmente entre 8.5 a 10. (FUNDACIÓN PRODUCE NAYARIT, A.C. 2010. p. 28)

C. **Suelos salinos-sódicos.** “Son resultado de los procesos de salinización y acumulación de sodio. Donde su conductividad eléctrica (C.E) es mayor a 4 4 mmhos/cm ó (dS/m) y el porcentaje de sodio intercambiable (PSI) mayor a 15 por ciento y el PH raramente mayor de 8.5. Si el contenido de sales se mantiene en su fase líquida del suelo, las características predominantes serán las de un suelo salino. Por el contrario, si las sales se lixivian, puede adquirir características de un suelo sódico, mucho más problemático desfavoreciendo la entrada y circulación del agua.” (RAMIRES ALALUNA, Pamela M, 2015, p.18)

D. **Suelos normales.** según BADÍA, David (1992) citado por RAIMIRES ALALUNA, pamel. (2016). Son considerados no perjudiciales ya que no hay presencia de sales en niveles perjudiciales, usualmente poseen un conductividad eléctrica menor 2 a 4 (ds/m) y el porcentaje de sodio intercambiable (PSI), menor a 15 por ciento (p.18.)

Tabla: 1 Clasificación de suelos salinos.

categoria	Conductividad eléctrica (ds/m)	características
No salino	< 2	Suelos normales
Ligeramente salino	2-4	Son afectados los rendimientos de los cultivos muy sensibles
Moderadamente salino	4-8	Son afectados los rendimientos de la mayoría de los cultivos.
Fuertemente salino	8-16	Sólo las plantas tolerantes a sales crecen satisfactoriamente.
Extremadamente salino	> 16	Muy pocos cultivos dan rendimientos aceptables

Fuente: Rango de tolerancia de las plantas a la salinidad de suelos (*Richards*, 1954).

1.3.1.6. Fenómenos de salinización a nivel mundial.

Según JOSE IBAÑEZ, Juan (2015) “a nivel mundial, se estima que 34 millones de hectáreas de tierra ya han sido afectadas en algún grado por la salinidad, estas en mayoría

generadas en los sistemas agrarios por el medio del riego, de modo que la salinización se produce cuando las aguas de riego desprenden sales ya presentes en el medio edáfico o cuando la irrigación se lleva a cabo con aguas más o menos salobres. Siendo en promedio entre 60 hasta y 80 millones de hectáreas de tierra se encuentran en cierta medida afectadas por la salinización como consecuencia de los sistemas agrarios que encharcan el suelo. Por el inadecuado manejo de irrigación”. (“Contaminación y Salinización de los Suelos del Mundo y de Europa GSF”, p.20)

Según la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO, 2017), “el fenómeno de salinización es considerado uno de los principales procesos de degradación del suelo más extendido en todo el planeta. En Europa, hay tierras salobres en Hungría, Rumanía, Grecia, Italia y la Península Ibérica. En los países nórdicos, los tratamientos anti hielo a base de sal ocasionan la salinización”. (“Estado Mundial de la Agricultura y la Alimentación”, p.21). Se estima que en “la Unión Europea la salinización del suelo afecta aproximadamente a 7 millones de hectáreas. Australia y Asia cuentan con mayor área afectadas por la salinidad, siendo la salinización considerada una causa importante de la desertificación y constituye la degradación del suelo. Con el aumento de las temperaturas y el descenso de las precipitaciones que se están registrando en los últimos años, el problema de la salinización en el mundo es cada vez más grave”. (Soca Flore, 2015, p. 24)

1.3.1.7. Fenómeno de salinización a nivel nacional

Según técnicos del Ministerio de Agricultura, (2010) citado por soca flores, (2015). “El Perú posee una superficie de 128.5 millones de hectáreas (12% costa, 28% sierra y 60% selva), de las cuales solo 5.4 millones de hectáreas son áreas cultivadas, mientras que 2.2 millones de hectáreas que no están siendo usadas tienen potencial para ser áreas de cultivo. Por lo tanto, el total de áreas con capacidad a ser áreas cultivables es de 7.6 millones de hectáreas, de las cuales 28% se encuentra en la costa, 48% en la sierra y 24% en la selva.” (p.25)

“Con el pasar de los años la salinización ha sido un problema que se ha incrementado en mayor parte en la costa peruana, esto debido a las características geomorfológicas y geológicas, además del inadecuado manejo del agua de riego y el deficiente drenaje del suelo, además la existencia de una alta tasa de evapotranspiración y precipitación mínima, hacen de la costa un espacio ideal para almacenar un alto contenido de sales, quedan retenidas en el suelo. De modo tal, este fenómeno que ha traído no solo problemas en la agricultura, sino también en la sociedad”. (RAMIRES ALALUNA, Pamela M., 2016, p.5)

Asimismo, según los técnicos de (ONERN. "Oficina Nacional de Evaluación de Recursos Naturales", (1973) citado por RAMIRES ALALUNA, Pamela, 2016). “En los valles irrigados, zonas costeras la expansión y crecimiento de las áreas de cultivo y la mala aplicación del agua de riego, ha provocado el ascenso del nivel freático en la parte baja, aumentando la acumulación de sales en el perfil del suelo los cuales contribuyen al incremento de los problemas de salinidad. Desde que en 1973 la Oficina Nacional de Evaluación de Recursos Naturales (ONERN) realizó un estudio sobre los problemas de salinidad, no existe información actualizada Elgegren y Lee, (2007) citado por RAMIRES ALALUNA, Pamela (2016). En ese entonces, se estimó cerca de 300 000 ha con problemas de drenaje y salinidad a lo largo de la zona costera” (18 p.)

Para EUGEREN, Fernando (2003) “Estos problemas de salinización pueden darse de forma natural, en especialmente en suelos bajos y planos que periódicamente son inundados por ríos, como también el nivel de las aguas subterráneas son poco profundo y este asciende a la superficie por capilaridad. También puede darse por procesos antrópicos, como el sistema de riego, el uso excesivo de fertilizantes. Ambos procesos se dan en la costa peruana, donde al encontrarse cercano al litoral, la brisa marina e intrusión de agua salina al acuífero generan este fenómeno”. (“la agricultura de la costa peruana, en debate agrario”, p, 17)

1.3.1.8. Medida de la salinidad del suelo

La salinidad del suelo viene a ser determinada por un conjunto de sales solubles que se encuentran en el suelo siendo estas, Na^+ , Mg^{++} , Ca^{++} , K^+ , Cl^- , $\text{SO}_4^{=}$, HCO_3^- , NO_3^- , $\text{CO}_2^{=}$ los cuales pueden ser estimadas por medio de la conductividad eléctrica extraída de una solución de suelo evaluados comúnmente en laboratorio.(Ramires Alaluna, pamea. 2016, 12-16 pp.)

1.3.1.9. Conductividad eléctrica del suelo (C.E.).

Es la medida de conducción de corriente eléctrica de un material, el valor más alto se dará cuanto se mueva con mayor facilidad a través del mismo. Esto significa que a mayor C.E, mayor es la concentración de sales. Se recomienda que la C.E de un sustrato sea baja, en lo posible menor a 1ds/m. Una C.E baja facilita el manejo de la fertilización y se evitan problemas por fitotoxicidad en el cultivo. Por este motivo al formular un sustrato, se debe analizar la C.E de los componentes para calcular el porcentaje mezcla que se debe utilizar, sin elevar la C.E final del sustrato formulado. Por ello la conductividad eléctrica nos permitirá identificar qué porcentaje de sal tiene el suelo del distrito de Ocucaje. (BARBARO, Lorena *et el.* S.f. 8 p.)

1.3.2. Landsat 8 LDCM.

1.3.2.1. Programa landsat.

“Entre los inicios de 1972 se tenía la idea de utilizar datos de satélite para la vigilancia terrestre, la cartografía o la exploración, hecho que dio origen al programa Landsat, el cual constituye una serie de misiones de observación de la tierra por satélite gestionadas conjuntamente por la NASA y el Servicio Geológico de Estados Unidos (USGS). El programa Landsat ha revolucionado la forma de estudiar y ver nuestro planeta, siendo el inicio 1972, convirtiéndose en el programa más larga de la historia y continúa que registra los cambios en la superficie terrestre desde el espacio. Landsat ha sido el único sistema de satélite diseñado y operado para observar repetidas veces la cubierta terrestre con una resolución moderada”. (INSTITUTO GEOGRÁFICO AGUSTÍN CODAZZI, s.f. p. 7)

Actualmente el programa se encuentra en su octava versión denominada “Landsat data continuity misión” LDCM, es el octavo satélite de observación de la serie Landsat y continuará el legado de archivo de los anteriores satélites, convirtiéndose de esta manera en el futuro de los satélites de observación de la tierra de mediana resolución con más historia. Este programa amplía, mejora y avanza en el registro de imágenes multispectrales, manteniendo la misma calidad de sus siete predecesores. (INSTITUTO GEOGRÁFICO AGUSTÍN CODAZZI, 2013, p. 7)

Según el (UGSS 2013) este sistema está compuesto por dos grandes segmentos.

- El observatorio; está conformado por sensores de observación terrestre, siendo los primeros, operational Land imager (OLI) y el sensor thermal infrared sensor (TIRS), quienes recogen datos de forma conjunta para proporcionar imágenes semejantes de la superficie terrestre, las regiones costeras, hielo polar, las islas y zonas continentales.
- El segundo segmento es el sistema terrestre, el cual proporciona la capacidad necesaria para la planificación y programación de las operaciones del LDCM y todas aquellas necesarias para administrar y distribuir los datos. (7 p.)

Tabla 2. Distribución de las bandas en OLI y TIRS

Bandas	Longitud de onda (micrómetros) (µm)	Resolución (metros)
Band 1 – aerosol costero	0.433 - 0.453	30
Band 2 – azul	0.450 – 0.515	30
Band 3 – verde	0.525 – 0.600	30
Band 4 – rojo	0.630 – 0.680	30
Band 5 – infrarrojo cercano (NIR)	0.845 – 0.885	30
Band 6 – infrarrojo de onda corta(swir1)	1.560 – 1.660	30
Band 7 - infrarrojo de onda corta(swir2)	2.100 – 2.300	30

Band 8 – Pancromático	0.500 – 0.680	15
Band 9 – cirrus.	1.360 – 1.390	30
Band 10 – infrarrojo térmico (TIRS) 1	10.30 – 11.30	100
Band 11 - infrarrojo térmico (TIRS) 2	11.50 – 12.50	100

Fuente: USGS.2013

1.3.2.2. Instrumentos en landsat 8

Según (IPSITA. Nandi, *et el*, 2017) “Los dos instrumentos a bordo del LDCM, Operational Land Imager (OLI) y el sensor térmico infrarrojo (TIRS) representan avances evolutivos en la tecnología de sensores remotos y en su rendimiento. OLI y TIRS miden la superficie terrestre en el visible, infrarrojo cercano, infrarrojo de onda corta, e infrarrojo térmico con una resolución moderada 15 y 100 metros” (4 p). Productos LDCM - Landsat 8. Dependiendo de “la longitud de onda espectral. La distribución de la energía observada en estas longitudes de onda revela información sobre la reflexión y emisión de superficies”. (INSTITUTO GEOGRÁFICO AGUSTÍN CODAZZI, 2013, p. 9)

a. El sensor OLI.

“Es un instrumento construido por la empresa Ball Aerospace & Technologies Corporation en Boulder, Colorado, diseñado para tener una vida útil de cinco años y detectará las mismas bandas espectrales de los anteriores instrumentos del Landsat (es decir sensores, TM y ETM+), con la excepción de una banda en el infrarrojo térmico. Además de las 7 bandas multiespectrales del anterior Landsat (siendo seis de ellos refinadas) OLI tiene dos nuevas bandas espectrales, una banda azul "costera" (banda 1) y una banda en el infrarrojo de onda corta "cirros" (banda 9). Estas nuevas bandas, ayudaran a los científicos a medir la calidad del agua y facilitaran la detección de nubes altas y delgadas que previamente han sido difíciles de observar en las imágenes Landsat ofrece una resolución espacial pancromática de 15 metros y una resolución multiespectral de 30 metros”. (SPPA “descripción del sensor OLI”, 2015, Párr.2)

b. El sensor TIRS.

“Este sensor utiliza foto detectores infrarrojos de pozo cuántico (QWIP) para detectar longitudes de onda largas de luz emitidas por la Tierra cuya intensidad depende de la temperatura de la superficie. Estas longitudes de onda, llamadas infrarrojos térmicos, no pueden ser percibidas por el ojo humano. QWIPs es una nueva alternativa de bajo costo a la tecnología infrarroja convencional y se desarrollaron en el Goddard Space Flight Center de la NASA en Greenbelt, Maryland”. (Nasa, Thermal Infrared Sensor (TIRS). S.f. párr. 3).

Su diseño opera sobre los principios complejos de la mecánica cuántica. Los chips semiconductores de arseniuro de galio atrapan electrones en un estado de energía buena, hasta que los electrones se elevan a un estado superior mediante luz infrarroja térmica de una cierta longitud de onda. Los electrones elevados crean una señal eléctrica que se puede leer y grabar para crear una imagen digital. (Nasa, “landsat science”, Parr. 3-4)

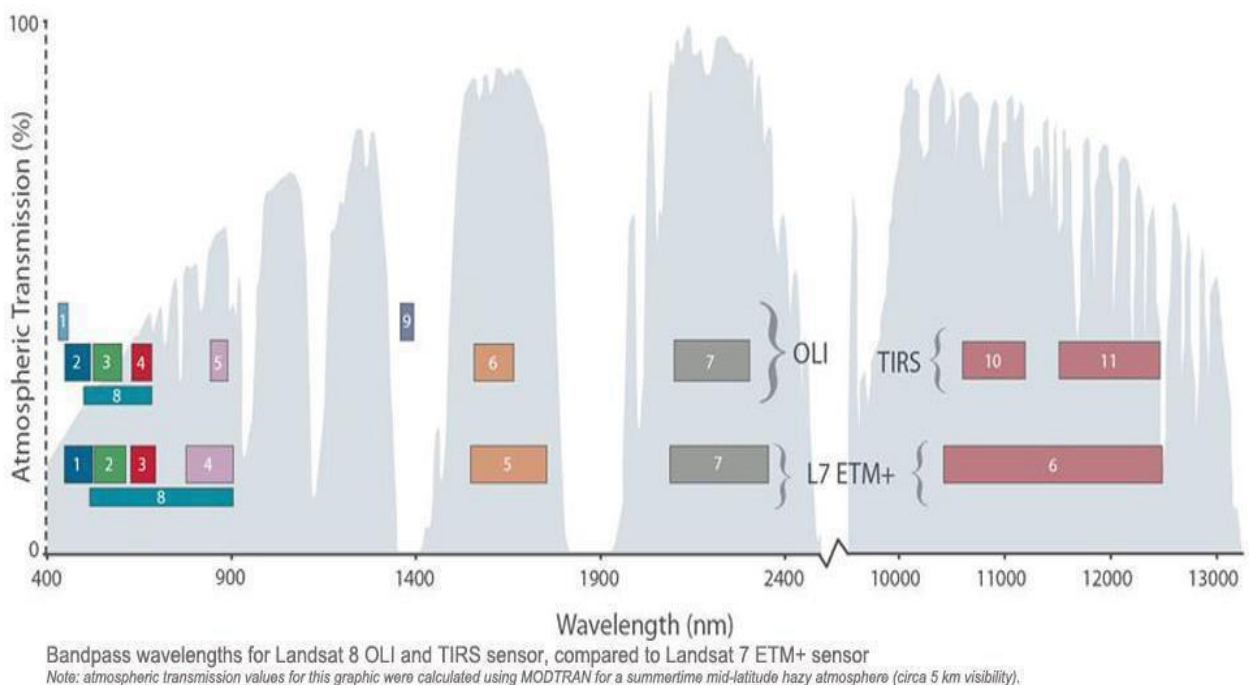


Fig. 1. Ancho de bandas para sensores OLI y TIRS en Landsat 8 y ETM+ en landsat 7(USGS, 2013 recuperado de INSTITUTO GEOGRÁFICO AGUSTÍN CODAZZI, 2013.)

1.3.2.3. Sistema terrestre.

El sistema terrestre del LDCM incluye todo, desde los activos necesarios para operar en tierra hasta el observatorio LDCM. En términos generales, el sistema de tierra LDCM realizará dos funciones principales:

- La primera es la de mando y control del observatorio LDCM en órbita.
- La segunda es la de administrar y distribuir los datos transmitidos desde el observatorio.

El observatorio se controla mediante comandos de software que se originan dentro del Centro de operaciones de misión LDCM o MOC, en la Goddard NASA. Las operaciones de vuelo del equipo de la MOC operarán en dos sistemas informáticos: el Collection Activity Planning Element (CAPE) y el Mission Operations Element (MOE). El (CAPE) planeará la recolección de datos por la actividad de demanda y solicitudes de las imágenes LDCM cada día, mientras que el MOE se centrará en las solicitudes de comandos de software transmitidos al observatorio. (INSTITUTO GEOGRÁFICO AGUSTÍN CODAZZI, 2013, p. 17)

1.3.2.4. El satélite LDCM.

De acuerdo al INSTITUTO GEOGRÁFICO AGUSTÍN CODAZZI (2013) La plataforma espacial suministra energía suficiente para el control de la órbita, altitud, comunicaciones y almacenamiento de datos recolectados por los sensores OLI y TIRS. Productos LDCM - Landsat 8.

Básicamente el satélite consta de una serie de subsistemas descritos a continuación:

- Un subsistema mecánico (estructura primaria y los mecanismos de despliegue).
- Un subsistema de mando y manejo de datos
- Un subsistema de control de altitud.
- Un subsistema de energía eléctrica.
- Un subsistema de radio frecuencia (RF).
- Un subsistema de propulsión de hidracina.
- Un subsistema de control térmico (p. 18)

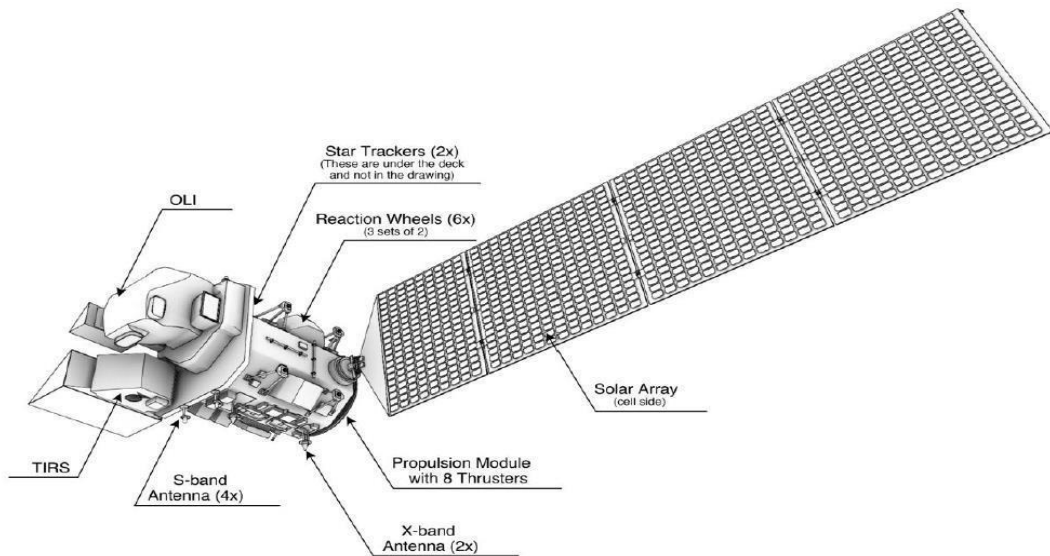


Fig. 2. Descripción de los subsistemas en la plataforma LDCM (USGS, 2013), recuperado de INSTITUTO GEOGRÁFICO AGUSTÍN CODAZZI, 2013.)

1.3.2.5. Corrección Radiométrica.

Para ARIZA, Alexander del centro de investigación IGAC (2013), “Los datos de las bandas del sensor TIRS y OLI están derivados en 16 bits en formato no cifrado y pueden ser reescalados a los valores de Reflectancia y o Radiancia, usando los coeficientes radiométricos provistos en el archivo de metadato MTL.txt, tal y como se describe a continuación.

Dónde:
$$L\lambda = MLQ_{cal} + AL \quad (1)$$

$L\lambda$ = Es el valor de Radiancia espectral medida en valores de (Watts /m² * srad * μm)

ML = Banda – Es el factor multiplicativo de escalado específico obtenido del metadato (RADIANCE_MULT_BAND_x, donde x es el número de la banda)

AL = Banda – Es el factor aditivo de escalado específico obtenido del metadato (RADIANCE_ADD_BAND_x, donde x es el número de la banda)

Q cal =Producto estándar cuantificado y calibrado por valores de pixel (ND). Este valor se refiere a cada una de las bandas de la imagen” (“descripción y corrección de productos Landsat 8/LDCM”, p 36).

1.3.2.6. Conversión a Reflectancia.

“Los datos del sensor OLI pueden ser convertidos a valores de reflectancia, usando coeficientes de reflectancia reescalados, suministrados en el archivo de metadatos MTL. La siguiente ecuación es usada para convertir los niveles digitales a valores de reflectancia para los obtenidos por el sensor OLI:

Dónde:

$$P\lambda' = M\rho Q \text{ cal} + A\rho \quad (2)$$

$P\lambda'$ = Es el valor de reflectancia planetaria, sin corrección por ángulo solar. Note que $P\lambda'$ no contiene una corrección por el ángulo solar.

$M\rho$ = Es el factor multiplicativo de escalado específico por banda obtenido del metadato (REFLECTANCE_MULT_BAND_x, donde x es el número de la banda).

$A\rho$ = Es el factor aditivo de escalado específico por banda obtenido del metadato (REFLECTANCE_ADD_BAND_x, donde x es el número de la banda).

Q cal =Es el producto estándar cuantificado y calibrado para valores de pixel (DN). Este valor se refiere a cada una de las bandas de la imagen” (ARIZA. Alexander, “descripción y corrección de productos Landsat 8/LDCM”, S.f, p 36).

1.3.2.7. Índice normalizado de vegetación (NDVI).

Para Tuckel, (1979), citado por LEON RUIZ. Juan E (2016). “el índice de vegetación es una combinación de valores de reflectancia en diferentes longitudes de onda, con mayor sensibilidad, la mayoría de los índices de vegetación se encuentran basados en el alto contraste entre las banda rojo (R) y del infrarrojo cercano (IRC) para la vegetación viva y verde” (p. 41)

$$\text{NDVI} = \frac{\text{IR}_{\text{Cercano}} - \text{ROJO}}{\text{IR}_{\text{Cercano}} + \text{ROJO}} \quad (3)$$

$$\frac{\text{IR}_{\text{Cercano}} - \text{ROJO}}{\text{IR}_{\text{Cercano}} + \text{ROJO}}$$

Dónde:

0

NDVI = Índice normalizado de vegetación

IR_{Cercano} = infrarrojo cercano

ROJO = Rojo

Según Rouse, (1973) citado por LEON RUIZ. Juan E. (2016) “esta fórmula permite medir cuan saludable se encuentra la vegetación, en cuanto a la combinación del índice normalizado de vegetación y el uso de las regiones de absorción y reflectancia, sean más altas por parte de la clorofila que hace de este índice una amplia gama de condiciones, así mismo las condiciones de vegetación densa cuando el índice de área foliar es alto el valor de este índice varia de -1 a 1, donde el intervalo de vegetación verde es de 0,2 a 0,8” (p.40)

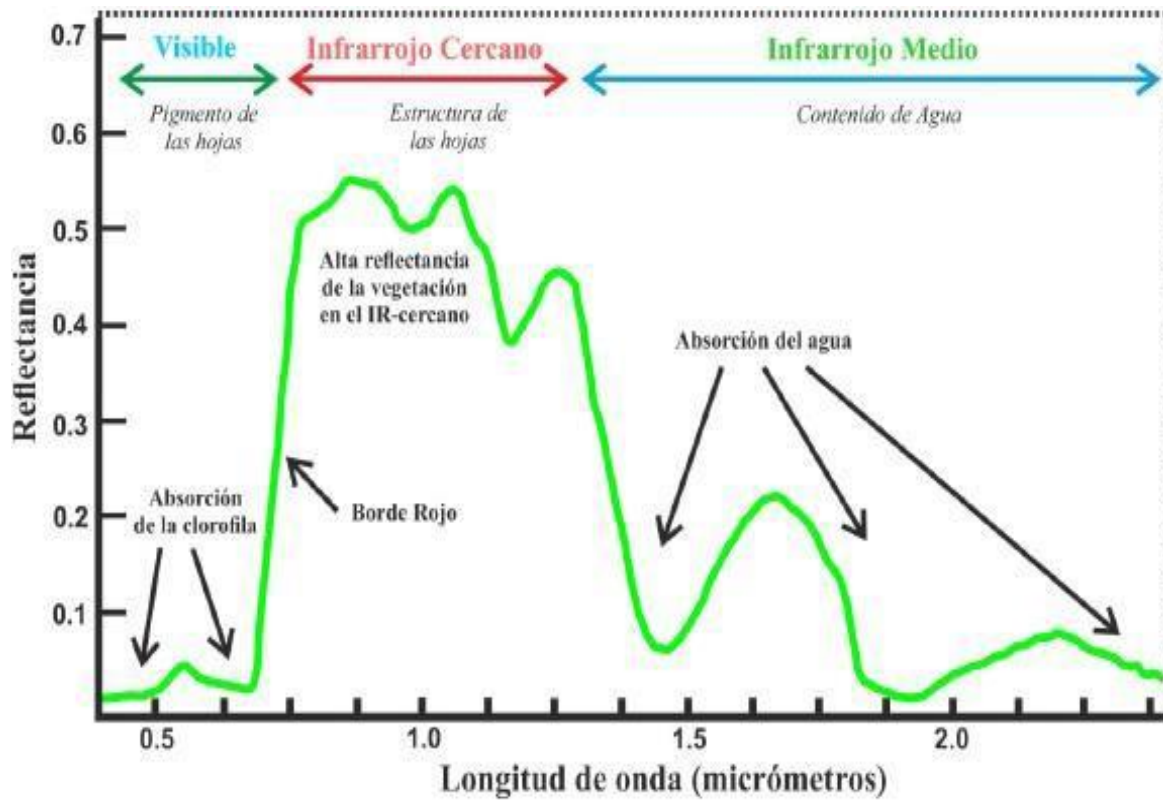


Figura 3: comportamiento espectral de la vegetación. Fuente: Adaptado de *Jackson and Huete*, 1991, citado por soca flores (2015)

1.3.2.8. Índice de salinidad (INDSAL)

Este índice fue propuesto por (Found Al Khaier), “quien utilizo los rangos de longitud de onda del infrarrojo medio para los sensores TM y ETM+, quiere decir que utilizo la reflectancia de la banda 5 y 7.

$$in = \frac{b5 - b7}{b5 + b7} \quad (4)$$

Dónde:

b5= infrarrojo de onda corta (swir1)

b7= infrarrojo de onda corta (swir2)

Donde los valores fluctúan entre -1.0 y 1.0, siendo así que los más cercanos al 1 indican un nivel bajo en sales, mientras que los valores de -1 hasta cercanos a 0 presentan niveles elevados de sales” (2003, p. 51), por ello en este presente investigación las bandas en el Landsat 8/LDCM serán las bandas 6 y 7.

1.4. Formulación del problema.

✓ Problema general.

¿De qué manera el modelos matemático aplicado en imágenes del Landsat 8/LDCM identificara los suelos salinos en el distrito de Ocucaje, 2018?

✓ Problema específico.

¿En qué medida el índice de salinidad (Indsal) influye en la clasificación de suelos salinos en el distrito de Ocucaje 2018?

¿En qué medida influyen el índice de vegetación (NDVI) y el índice de salinidad (Indsal) en la determinación del área afectada por la salinidad en el distrito de Ocucaje, 2018?

1.5. Justificación.

El presente trabajo de investigación pretende utilizar el modelo matemático de Found Al Khaier con imágenes multiespectrales del Landsat 8/LDCM para identificar suelos salinos en el distrito de Ocucaje, con la finalidad que nos permita generar mapa de salinidad del suelo. Además ayudaría identificar las áreas de terreno afectada, el cálculo de salinidad del

suelo y el monitoreo de áreas regionales, por ello la utilización de un modelo matemático para la identificación de suelos salinos nos permite generar mapas de salinidad, como también reducir los costos en la toma de muestras y análisis en laboratorios, aparte de reducir las costosas campañas de campo en dicho trabajo. Para demostrar la factibilidad de este método se realizará muestra de campo para identificar el contenido salinidad en el suelo del distrito de Ocucaje.

1.6. Hipótesis.

✓ Hipótesis general

El modelo matemático aplicado en imágenes del satélite Landsat 8/LDCM permite identificar los suelos salinos en el distrito de Ocucaje, 2018.

✓ Hipótesis específico.

El índice de salinidad (Indsal) influye positivamente en la clasificación de suelos salinos en el distrito de Ocucaje, 2018.

El índice de vegetación (NDVI) y el índice de salinidad influyen de manera positiva en la determinación de áreas afectadas por la salinidad del suelo en el distrito de ocucaje, 2018.

1.7. Objetivos.

✓ Objetivo general.

Identificar suelos salinos mediante la aplicación de un modelo matemático con imágenes del landsat 8/LDCM en el distrito de Ocucaje, 2018.

✓ Objetivos específicos.

Generar un mapa espacial de la clasificación de la salinidad de los suelos salinos mediante de los valores de reflectancia del Indsal en el distrito de Ocucaje, 2018.

Determinar las áreas afectadas por la salinidad del suelo con los valores de reflectancia del NDVI e Indsal en el distrito de Ocucaje, 2018.

II. MÉTODO.

2.1. Diseño de investigación.

El diseño de investigación es no experimental debido a que la recolección de datos son realizados de la siguiente manera, 1. Dato por imágenes del satélite Landsat 8/LDCM y 2. Por datos in-situ sin manipulación, para luego analizarlo (HERNANDEZ. Fernando, Bautista, 2014, p. 125) los datos obtenidos en campo se procesaron sin ninguna modificación o alteración. Es de tipo aplicativo ya que se aplicara un modelo matemático para identificar la clasificación de suelos, permitiendo generar un mapa de salinidad.

2.2. Variable operacionalización.

2.2.1. Variable.

- **INDEPENDIENTE:** suelos salinos.
- **DEPENDIENTE:** Modelo matemático con Landsat 8/LDCM

2.2.2. Matriz de Operacionalización de variables.

Tabla N° 3. Matriz de operacionalización de variables

Variable.	Definición conceptual.	Definición operacional.	Dimensión.	Indicador.	Unidad.
Variable independiente: Suelos salinos	Los suelos salinos son la acumulación de sales solubles del agua en el suelo, tales como las sales de magnesio (Mg^{2+}), potasio (K^+), calcio (Ca^{2+}), cloruro (Cl^-), sulfato (So_4^{2-}), carbonato (CO_3^{2-}) y bicarbonato (HCO_3). Los cuales tienen un efecto negativo en la química y física de los suelos, así mismo afectan a las raíces de las plantas afectando el crecimiento, desarrollo y productividad. (García, 2002. Es citado por soca flores, 2015)	Para la identificación de suelos salinos en el área de estudio se tendrá que determinar la conductividad eléctrica (C.E.) del suelo in situ y realizar un mapa, detallando la clasificación de la salinidad del suelo	clasificación	No salino < 2	ds/m
				Ligeramente salino 2-4	ds/m
				Moderadamente salino 4-8	ds/m
				Fuertemente salino 8-16	ds/m
				Extremadamente salino >16	ds/m
			Medida de suelos afectado	área	m

<p>Variable dependiente: Modelo matemático con Landsat 8/LDCM</p>	$in = \frac{\rho_{6} - \rho_{7}}{\rho_{6} + \rho_{7}}$ <p>Este índice fue propuesto por (Found Al Khaier, 2005), “quien utilizo los rangos de longitud de onda del infrarrojo medio para los sensores TM y ETM+, quiere decir que utilizo la reflectancia de la banda 5 y 7. Adaptando en el Landsat 8/LDCM serían las bandas 6 y 7</p>	<p>El modelo matemático permitirá el procesamiento en imágenes multiespectral que identificará las características del suelo salino y generar un mapa de salinidad. Por medio del programa teledetección Envi, Arcgis y Qgis.</p>	<p>Imagen multiespectral.</p>	<p>NDVI</p> <hr/> <p>Indsal</p>	<p>Valores Adimensionales. de -1 a 1</p>
--	---	---	-------------------------------	---------------------------------	--

Fuente: elaboración propia.

2.3. Población y Muestra.

2.3.1. Población.

La población es el área total del suelo del distrito de Ocucaje que cuenta con un área de 1,417.24 km² Según (INEI, 2008, p. 21)

2.3.2. Muestra.

La población maestra se encuentra en la zona agrícola del distrito Ocucaje - Ica. Con un área de 1km² como se muestra en el anexo N° 8, de los cuales se realizaron 9 puntos de muestreo de acuerdo al guía para el muestreo de suelo que se encuentra en el marco del decreto supremo N° 002-2013-MINAM. (Minam, 2014, p. 32)

2.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad.

2.4.1. Descripción del procesamiento.

Los procedimientos son realizados, en el software sistema de información geográfica ArcGis, teledetección Envi, Excel y SPSS 21.0, por medio de un modelo matemático adaptado a este, que se basaran en la técnica de la teledetección, ya que permite dar seguimientos a través de imágenes satelitales los cambios de los recursos terrestres. Por ello consistió en la extracción de datos del satélite Landsat 8/LDCM, para luego hacer el procesamiento para la aplicación del modelo matemático que permitirá mostrar la salinidad del suelo en escala de grises.

2.4.2. Técnica de recolección de datos.

Se basó en la descarga de información del programa USGS, pagina donde se encuentran datos del satélite Landsat 8/LDCM, así mismo la obtención de muestras de suelo, para la validación de los resultados de salinidad del suelo en el programa teledetección ENVI y Arcgis

2.4.3. Instrumentos de recolección de datos.

Se realizó por medio de ficha de observación, como se muestra en el anexo N° 4, como también se utilizó el Conductímetro y programas ArcGis, teledetección ENVI, Excel y SPSS 21.0

2.4.4. Validez y confiabilidad del instrumento.

La validez y confiabilidad del presente trabajo se realizó a través de formatos de observación que han sido validados por expertos y profesionales con conocimientos y experiencia en el tema de investigación.

2.5. Métodos de análisis de datos.

En el análisis de los datos se aplicara los siguientes procesos: 1. Calibración radiométrica, 2. Corrección atmosférica con la finalidad de ajustar los datos tomados por el sensor OLI del satélite Landsat 8/LDCM. Estos datos se procesaran en los programas ArcGis, teledetección ENVI, Excel y SPSS 21.0, que nos permita generara regresiones y mapas de salinidad del suelo con ayuda del modelo matemático de Found al khaier (índice de salinidad).

2.5.1. Recolección de datos.

La información que se tomó como base para el desarrollo de la presente investigación, fueron del Earth explorer. La información fue extraída tomando en cuenta varios criterios como la visibilidad, temporalidad, disponibilidad, etc. Ya que algunas presentan problemas con los criterios antes mencionados, esto con la finalidad de contar con una información veraz y fehaciente para el desarrollo del proyecto, de los cuales la información extraída fue:

- Las imágenes del satélite landsat 8/LDCM, legando a tener 11 imágenes y un meta data.
- Recolección de muestra de suelo in-situ en el área de trabajo.

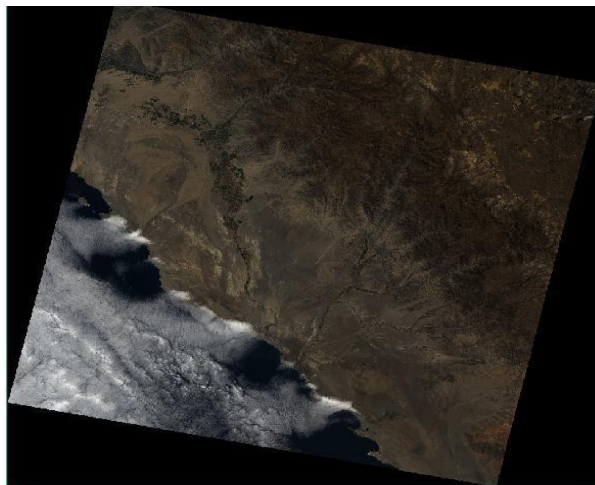


Fig 4: imagen satelital color verdadero (RGB)

2.5.2. Flujo grama de investigación.

Se muestra las etapas realizadas en la investigación, así como los programas para evaluar los resultados del procesamiento y la relación de estos con datos en campo



2.6. Aspectos éticos.

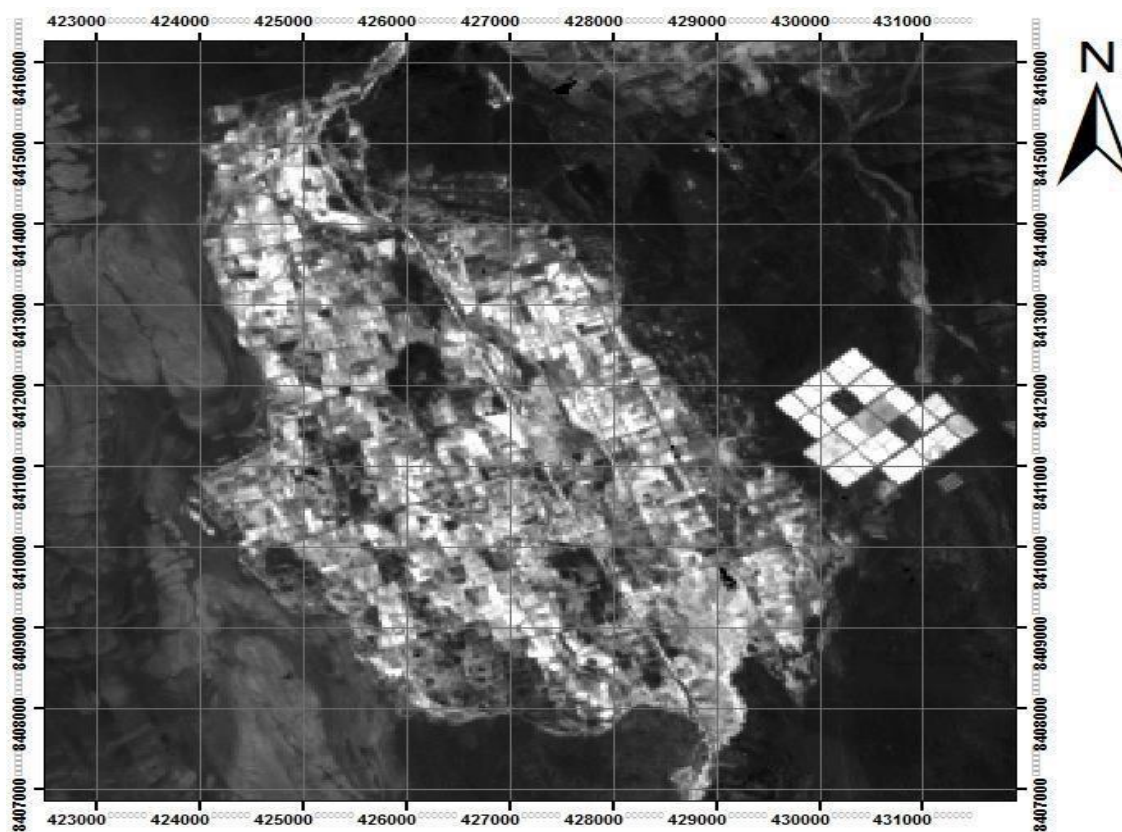
En la actualidad el planeta se encuentra con diversos problemas ambientales, siendo cada vez estos problemas más serios, y además la población a cada día se incrementa más y más, así como el consumo de los recursos naturales es cada vez mayor. Ante ello el presente trabajo de investigación esta orientados a la ética medioambiental, debido a la existencia de la relación ser humano y naturaleza, para que la conducta y acciones humanas haga de reflexión, dejando de pensar egoístamente, de modo que se pueda aliviar las preocupaciones de preservación y conservación de los recursos naturales para las futuras generaciones, así como el respeto, responsabilidad y deberes que debemos mostrar hacia las naturaleza para que el bienestar e interés de preservación y conservación esté involucrada a todas las sociedades mundiales.

III. RESULTADOS

Se muestra resultados obtenidos de las imágenes del Landsat 8/LDCM y datos in situ de conductividad eléctrica del suelo. El objetivo del este proyecto fue identificar los suelos salinos existente en el distrito de Ocucaje – Ica mediante un modelo matemático aplicado a las imágenes satelitales del Landsat 8/LDCM en el 2018. Se presenta un mapa espacial de la salinidad de los suelos salinos, así como también las áreas afectadas por la salinidad del suelo, de los cuales se muestra modelo de regresión lineal de la conductividad eléctrica de datos in situ con valores del índice de salinidad (Indsal), lo cual sirve de validación del instrumento.

3.1. Distribución espacial de salinidad de Ocucaje

Figura 5 salinidad del suelo en valores adimensionales de -1 a 1



Fuente: elaboración propia

La figura 5 muestra la variación espacial del índice de salinidad (Indsal) del distrito Ocucaje, a partir de las bandas 6 y 7 del satélite Landsat 8/LDCM por medio del procesado del Indsal adaptado de Found Al Khaier que se muestra en escala de grises, donde los valores fluctúan de -1 a 1 , si los valores se encuentre más cercanos al -1 indican que son suelos con mayores niveles de salinidad, por otro lado los valores sean cernamos a 1

indican suelos con baja salinidad. La figura se encuentra en un rango mínimo de 0.0185 y máximo de 0.2135. El resultado de este procedimiento nos da una imagen con dos tipos de cobertura, siéndolos de color claro las parcelas con vegetación sin problemas de salinidad y los de color negro indican suelos afectados por la salinidad, caminos y cerros.

3.2. Clasificación de suelos salinos por medio del modelo matemático.

Figura 6: Clasificación de suelos salino en el distrito Ocucaje- Ica.

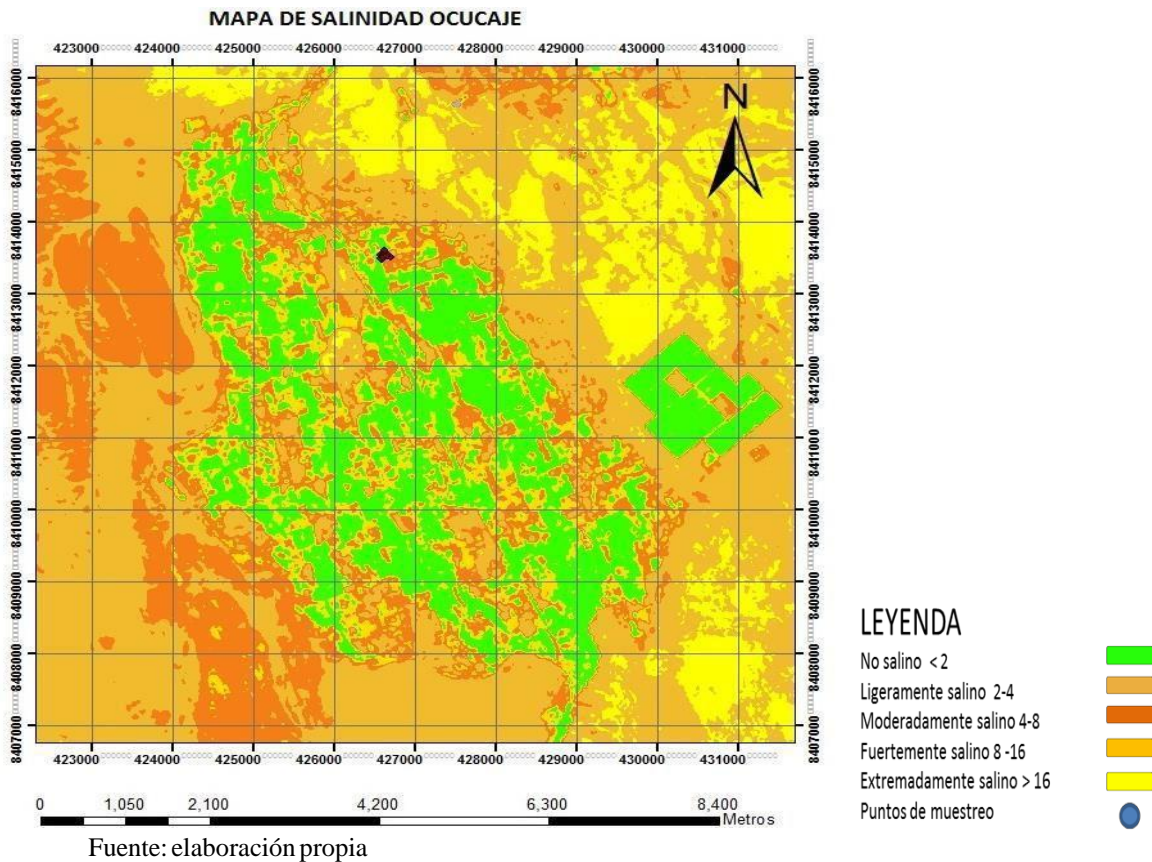
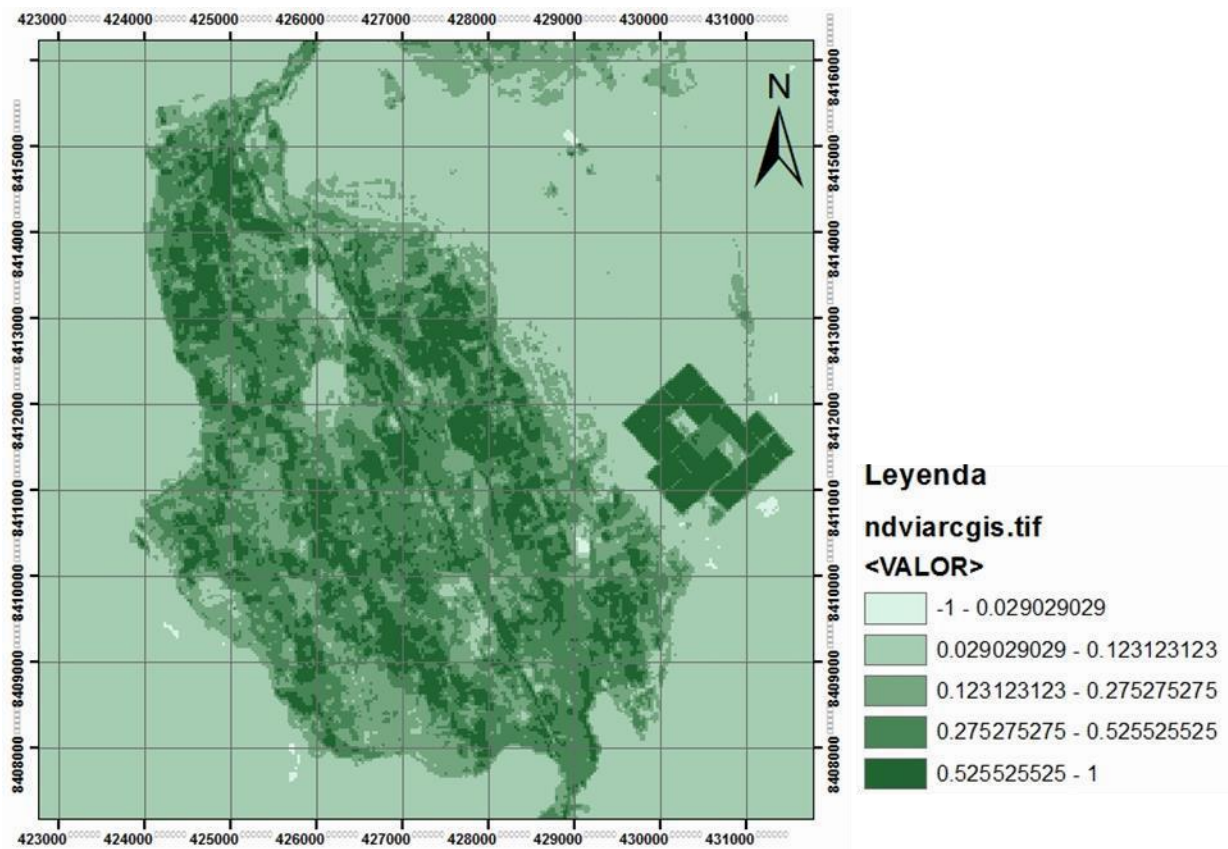


Figura 6: muestra la clasificación obtenida por el modelo matemático utilizando la ecuación número (4), que esta fue aplicado en el programa teledetección ENVI teniendo una clasificación de acuerdo a los valores de la tabla 1. Donde se clasifican en varios tipos de cobertura, siendo esta posible de acuerdo a la tabla de color raster propio del programa teledetección ENVI. Teniendo de ese modo una imagen donde se distingue con claridad los tipos de cobertura, no salino < 2 ds/m, ligeramente salino 2-4 ds/m, moderadamente salino 4-8 ds/m, fuertemente salino 8-16 ds/m. y extremadamente salinos >16 ds/m.

3.3. Distribución espacial del NDVI

Figura 7: Valores de NDVI, distrito de Ocucaje- Ica.



Fuente: elaboración propia

En la figura 7. Muestra los valores adimensionales del DNVI que fluctúan de -1 a 1, de los cuales se puede apreciar la clasificación de los valores de reflectancia de la vegetación en el distrito, que esta se puede diferenciar de acuerdo a la clasificación de la tabla 4. Donde indica que los valores de reflectancia más bajo se encuentra el suelo sin vegetación de -1 a 0.029 y los valores más altos de reflectancia tenemos a vegetación alta de 0.525 a 1. De manera que los valores de NDVI sirven de indicador de las áreas afectadas por la salinidad, ya que la vegetación alta indicara que los niveles de salinidad se encuentran el niveles normales que no afectan el desarrollo de la vegetación, así mismo cuando la vegetación sea media o ligera quiere decir que están siendo afectados por la salinidad.

Tabla 4: Clasificación de valores de NDVI

Nubes y agua	< 0.01
Suelo sin vegetación	0.01-0.1
Vegetación ligera	0.1-0.2
Vegetación media	0.2-0.4
Vegetación alta	>0.4

Fuente: FAO. 2011

3.4. Validación del modelo matemático.

Para la validación de los valores de la cobertura salina en el distrito de Ocucaje se realizaron nueve muestras tomadas en 27/09/2018, siendo el mismo día en que fue tomada la imagen del Landsat 8/LDCM, las cuales comprende 1km de área donde se obtuvieron resultados de conductividad eléctrica con los siguientes resultados.

Figura 8: Área y puntos de muestreo.



Fuente: elaboración propia, imagen extraída de Google Earth.

Figura 8: se aprecia el área de estudio y la distribución de los puntos de muestreo de la población muestral, siendo estos 9 puntos tomados de acuerdo a la guía de muestreo de suelos que se encuentra en el marco del decreto supremo N° 002-2013-MINAM que abarca

1 km², siendo cada uno de los puntos referenciado por las coordenadas UTM, el cual nos permite la validación del modelo matemático adaptado de índice de salinidad.

Tabla5: Resultados de conductividad eléctrica en muestras in-situ, distrito Ocucaje- Ica.

muestra	x	y	Ce (ds/m)
m1	-14.34982	-75.68088	8.65
m2	-14.34958	-75.68096	4.23
m3	-14.34927	-75.68096	4.23
m4	-14.34924	-75.68064	3.42
m5	-14.34914	-75.68028	3.67
m6	-14.34865	-75.68048	8.12
m7	-14.34943	-75.67977	3.98
m8	-14.34943	-75.68064	2.42
m9	-14.34931	-75.68028	2.25

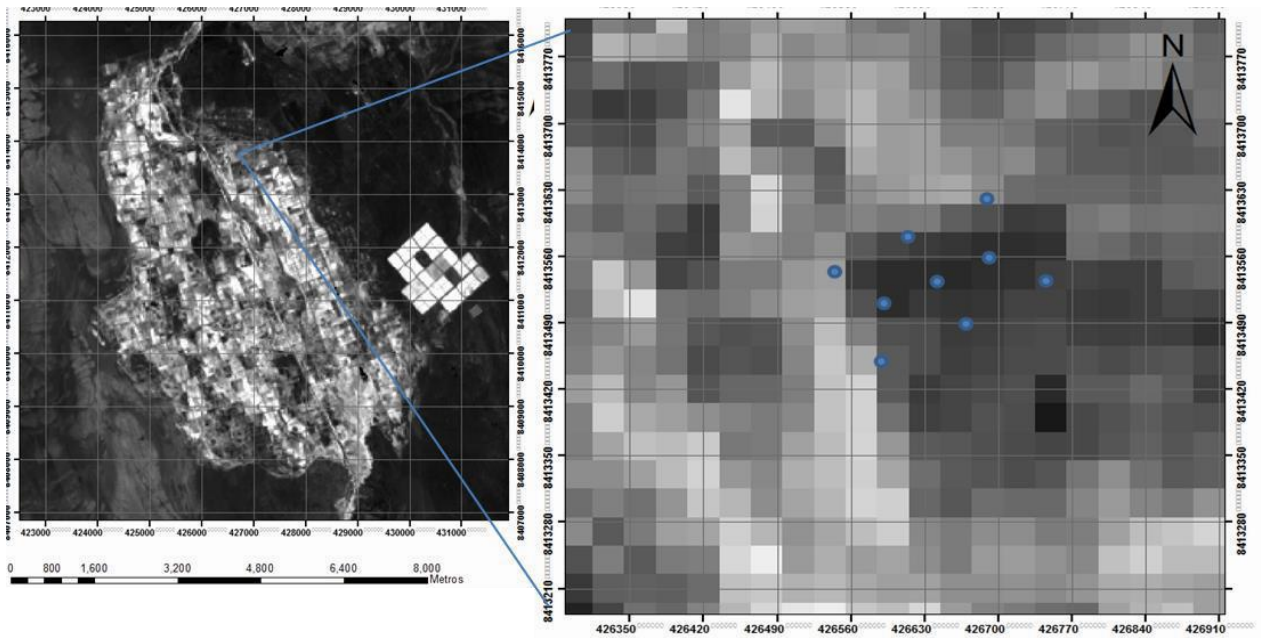
Fuente: elaboración propia.

La tabla se aprecia los puntos de muestreo con la ubicación de coordenadas UTM de cada punto, de los cuales se observa los resultados de conductividad eléctrica mostrados en la tabla 5. Estos resultados nos permite identificar las áreas vulnerables a la degradación del suelo causada por la salinidad del suelo, además de permitir informar a los agriculturas locales sobre las tareas de recuperación, prevención, manejo y gestión de evaluación de los suelos agrícolas para reducción de este fenómeno de salinidad del suelo que aqueja a los agricultores locales.

3.5. Localización de salinidad en el área de estudio

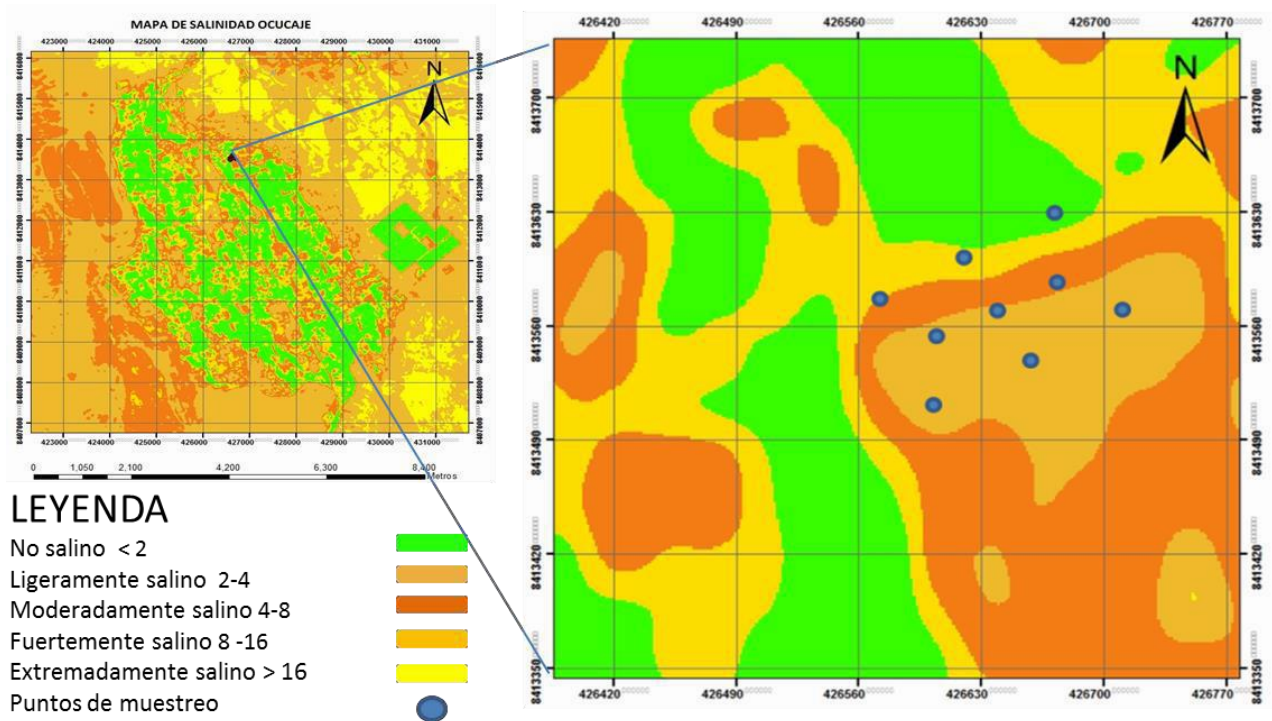
Figura 9: localización de salinidad del suelo en el área de estudio encala de grises y colores

Figura 9.1. Escala de grises



Fuente: Elaboración propia

Figura 9.2. Salinidad del suelo en el área de estudio



Fuente: Elaboración propia.

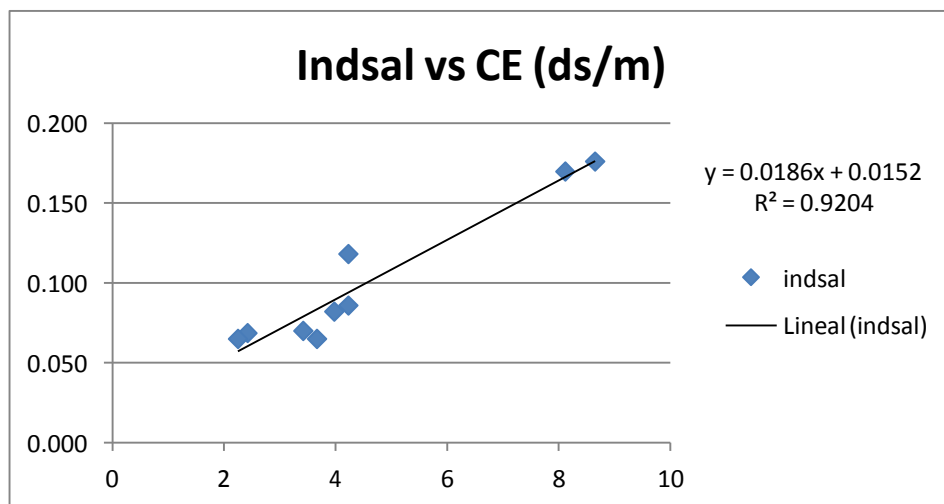
Figura 9.2. Se observa que los suelos en el área de estudio se encuentran con: suelo no salino que comprende en < 2 ds/m con un porcentaje del 10% (110 m) del área, ligeramente salinos que comprende valores de 2-4 ds/m comprende el 53% (530 m) del área; moderadamente salino comprendida en 4-8 ds/m que comprende el 22% (220 m) del área en estudio y fuerte mente salino comprende el 14% (140 m) del área total.

Tabla6: Resultados de conductividad eléctrica de muestras in-situ e Indsal del distrito Ocucaje- Ica

muestra	x	y	Ce (ds/m)	Indsal
m1	-14.34982	-75.68088	8.65	0.176
m2	-14.34958	-75.68096	4.23	0.118
m3	-14.34927	-75.68096	4.23	0.086
m4	-14.34924	-75.68064	3.42	0.070
m5	-14.34914	-75.68028	3.67	0.065
m6	-14.34865	-75.68048	8.12	0.160
m7	-14.34943	-75.67977	3.98	0.082
m8	-14.34943	-75.68064	2.42	0.068
m9	-14.34931	-75.68028	2.25	0.065

Fuente: Elaboración propia.

Figura 10: Correlación de Indsal & CE



Fuente: Elaboración propia.

De acuerdo a los valores del Indsal, dato recolectado del procesamiento de la imagen con el modelo matemático se realizó una correlación de los valores de Indsal de la imagen con la CE de datos in-situ. Teniendo de ese modo una correlación $R^2 = 0.9204$ lo cual indica que los valores de Indsal y CE tienen una estrecha relación para identificar los suelos salinos.

IV. DISCUSIÓN.

En esta investigación se tuvo como propósito identificar los suelos salinos por medio de un modelo matemático con imágenes del satélite Landsat 8/LDCM en el distrito de Ocucaje, 2018. Mediante el procesamiento de imágenes del satélite Landsat 8/LDCM, así mismo determinar el índice de vegetación normalizado (NDVI) para verificar el nivel de salinidad del suelo, el índice de salinidad para generar un mapa de salinidad del suelo en el distrito Ocucaje.

En la investigación realizada por Heidinger (2008) que realizó un estudio del sistema hidrográfico del lago Titicaca-rio desaguadero-lago Poopó y salar COIPASA. Donde estimo la salinidad del suelo por medio del índice de salinidad que fue calculado por medio de una imagen del sensor MODIS de 500 metros de resolución espacial así como la corroboración del índice de salinidad hizo mediciones de campo donde encontró una correlación de $R^2=0.93$ entre la conductividad eléctrica y el índice de salinidad. Sin embargo de acuerdo a los resultados obtenidos los valores del Indsal en un rango espacial de 30x30 tuvo menor valor en relación con la del sensor MODIS de rango espacial de 500 metros imagen.

Tal como SOCA, R. *et al*, (2016) se estimaron los valores máximos y mínimos del NDVI e Indsal de las imágenes TM y ETM+ para identificar los suelos con baja calidad agrícola y los suelos degradados por la salinidad. Los cuales nos permitieron verificar el nivel de vegetación en el distrito del mismo modo verificar las áreas afectadas por la salinidad. Donde en el área de estudio se tuvo los valores de NDVI fueron bajos debido a que el área en estudio se encontró siembra reciente de cultivo, donde no se puede apreciar con valor alto la vegetación. Estos valores tomados de la reflectancia de las bandas 4 y 5.

Coincidiendo con M. P. García Rodríguez y M. E. Pérez González, con su artículo de investigación de Cartografía Mediante Imágenes Landsat de Suelos Salinos En La Tierra De Medina (Valladolid), los valores de NDVI no permiten una clara discriminación de los suelos salinos. En el análisis de los valores medios de NDVI en las diferentes partes del área afectadas se observa que la mayoría tienen valores bajos y los valores de reflectancia del índice de salinidad son menores indicando mayores niveles de salinidad del suelo.

Así como en el mapeo de la salinidad y sodicidad en la provincia de Jilin oeste de china realizados por Hao Yu, Mingyue Liu, Baojia Du, Zongming Wang, Liangjun Hu, Bai

Zhang utilizando el Landsat 8 OLI y un algoritmo PLSR que permitió construir relaciones entre mediciones de campo de la salinidad y sodicidad, las bandas de reflectancia e índices espectrales. De los cuales en esta presente investigación se pasó a utilizar un modelo de índice de salinidad propuesto por Found Al Khaier. Que esta paso a la corroboración de los resultados con datos de conductividad eléctrica de los suelos en el distrito teniendo una estrecha relación de 0.9204 indicando que el modelo matemático es apropiado para identificar suelos en dicho distrito.

El índice de salinidad (indsal) ha mostrado ser importante para identificar suelos salinos, ciudades, cerros y caminos a un rango de 0.0185 a 0.2135, de las cuales se clasifico de acuerdo a los niveles digitales de cada pixel de la imagen, apreciándose con mayor claridad en escala de colores espectrales del software teledetección ENVI, Arcgis y Qgis.

La imágenes del landsat 8/LDCM de resolución espacial de (30x30) permitieron identificar áreas salinas, ciudades y cerros con la superposición del (shapefile) generado a partir del rango mínimo y máximo del valor compuesto de Indsal en el rango de 0.0185 a 0.2135

V. CONCLUSION.

El procesamiento de imágenes satelitales mediante el modelo matemático y el análisis de datos de campo como la conductividad eléctrica del suelo es una herramienta que permite estimar la dinámica espacial de la salinidad del suelo. Se realizó la relación del índice de salinidad y la conductividad eléctrica para clasificar los suelos, lo cual nos dio un coeficiente de correlación de 0.9204. Se concluye que la técnica de modelamiento de imágenes multiespectrales con el modelo matemático es favorable para la evaluación de la salinidad del suelo a escala local y regional.

Los valores del índice de salinidad (Indsal) permitieron generar un mapa con la clasificación de suelos salinos, siendo este modelo matemático aplicado a la imagen multi espectral del landsat 8/LDCM, en el procesador ENVI, generado por las bandas 6 y 7 permitió generar un mapa de salinidad del suelo mostrando la clasificación en escala de grises. Por ellos se pasó a procesar en el software Arcgis el cual nos permitió tener los valores en escala de colores espectrales, mostrando de ese modo una mejor visualización de esta clasificación, suelo no salino que comprende en < 2 ds/m con un porcentaje del 10% (110 m) del área, ligeramente salinos que comprende valores de 2-4 ds/m comprende el 53% (530 m) del área moderadamente salino comprendida en 4-8 ds/m que comprende el 22% (220 m) del área en estudio y fuerte mente salino comprende el 14% (140 m) del área de estudio.

Los valores de la reflectancia del NDVI e Indsal permitieron calcular la afectación de salinidad , ya que los niveles digitales de la imagen procesada indicaron que a mayor nivel de salinidad menor valor del índice de vegetación, como también mayor valor del índice de vegetación menor nivel de salinidad, teniendo como factor limitante el crecimiento reciente de cultivos de uva en el área de validación del modelo que no permitió verificar con mayor confiabilidad el nivel de la salinidad del suelo. Teniendo un total de 360 metros con afectaciones fuertes de salinidad esta afectación tomada de acuerdo a la tabla N° 1 de clasificación de suelos salinos.

VI. RECOMENDACIONES.

La presente investigación permitió adquirir conocimientos sobre la identificación de suelos salinos en el distrito de Ocucaje. Los resultados obtenidos en la investigación pueden ayudar a la planificación el manejo y remediación de los suelos afectados, para asegurar de ese modo una adecuada producción agrícola en dicho distrito permitiendo asegurar la sostenibilidad en un futuro. Así como también adoptar el uso de nuevas tecnologías para reducir las costosas campañas de toma de muestras y análisis de laboratorio.

Los gobiernos locales deberían promover buenas prácticas de manejo de la producción agrícola y remediación de suelos a los agricultores locales ante los problemas de salinidad en el distrito de Ocucaje, para de ese modo reducir los impactos negativos de la salinidad de los suelos. Aplicando nuevas técnica de producción agrícola como el riego tecnificado.

Hoy en día se debería dar prioridad a las relaciones de estudios in situ y ex situ sobre la teledetección de los diferentes factores que permitan reconocer la salinidad de los suelos, para así poder determinar cuáles son los factores positivos y negativos que permitan desarrollar datos de cada tipo de suelos salinos en los numerosos tipos de suelo, generando de ese modo información geográfica utilizando imágenes satelitales que permitan generar cartografías y base de datos de objetos que amplíen el estudio de extensiones del territorio.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.

- HERNADEZ S, Roberto, *et el.* Metodología de la investigación. Quinta edición. Lima. El comercio S.A. 2010. 613 pp. ISBN: 978-607-15-0291-9
- RAMIRES ALALUNA, Pamela M. Condiciones de salinidad y recuperación de los suelos de la cancha pública de golf - San Bartolo, Lima. Tesis (Ingeniero Agrícola). Lima. Universidad Nacional Agraria la Molina. 2016. 103 pp.
- GUPTA. S. K., MEGH R. Goyal, Soil Salinity Management in Agriculture: Technological Advances and Applications, CRC Press, 2017, 412 pp. ISBN: 1771884444, 9781771884440
- LA DESERTIFICACIÓN EN EL PERÚ, Cuarta Comunicación Nacional del Perú a la Convención de Lucha contra la Desertificación y la Sequía. Ministerio del Ambiente del Perú. 2011
- SOCA FLORES, Renato. Identificación de tierras degradadas por salinidad del suelo en los cultivos de caña de azúcar en Pomalca usando imágenes satelitales. Tesis (Magíster física). Lima. Universidad mayor de san marcos. 2015. 156 pp.
- SOLENE BENET, Alberto. CANTON CASTILLA, Yolanda. Mejora de los suelos salinos y control de la erosión en zonas áridas. [en línea]. 2005. [fecha de consulta: 03 de mayo de 2018]. Disponible en :[http://iis1.eeza.csic.es/eeza/documentos/Sole%20y%20Canton\(PARJAP-2005\).pdf](http://iis1.eeza.csic.es/eeza/documentos/Sole%20y%20Canton(PARJAP-2005).pdf)
- SOCA, R, ROJAS. J, WILLEMNS. L, OCOLA. C, FERNANDEZ. Ranulfo, PEREZ. J. Carlos. Identificación de las tierras degradadas por la salinidad del suelo en los cultivos de caña de azúcar mediante imágenes de satélite, lima-Perú. Facultad de Ciencias Físicas, Universidad Nacional Mayor de San Marcos, 2016. 9 p.

- AMEZKETA, E. (2006). An integrated methodology for assessing soil salinization, a precondition for land desertification. *Journal of Arid Environments*, 67 (4), 594–606. doi:10.1016/j.jaridenv.2006.03.010
- CASTERAD. Auxiliadora, Soil salinity modeling and mapping using remote sensing and GIS: The case of Wonji sugar cane irrigation farm, Ethiopia, 2016. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jssas.2016.05.003>
- ZEWDU, Shegena et el, Geo-spatial approach for soil salinity mapping in Sego Irrigation Farm, South Ethiopia [en línea] [fecha de consulta: 3 de abril 2018] 2013, disponible en: https://ac.els-cdn.com/S1658077X14000770/1-s2.0-S1658077X14000770-main.pdf?_tid=403c32ca-80c8-44d0-82b2-01fd38d1b749&acdnat=1540431788_424ab72b488ef252af1cf81f20cee9ec
- USSLR (United States Salinity Laboratory de Riverside, US). Diagnose and Improvement of saline and alkali soils. Washington: United States Department of Agriculture. 1954
- BADIA, David. 1992. Suelos afectados por sales [en línea]. Unitat d'Ecologia (UAB), Bellaterra. 12 ed. Barcelona-España. [Fecha de Consultado: 5 de mayo 2018]. Disponible en: <http://publicacions.iec.cat/repository/pdf/00000120%5C00000090.pdf>.
- RAM DULAR. Yadav, Modeling salinity affects in relation to soil fertility and crop yield; a case study of Nakhon Ratchasima, Nong suang District, thailand. [en línea]. March 2005. 165 pp. [Fecha de consulta: 10 de mayo de 2018]. Disponible en: https://webapps.itc.utwente.nl/librarywww/papers_2005/msc/nrm/yadav.pdf
- CONTAMINACIÓN Y SALINIZACIÓN DE LOS SUELOS DEL MUNDO Y DE EUROPA (GSF) [blog Madrid]. Madrid. JOSÉ IBÁÑEZ. Juan. (14 febrero, 2015). [Fecha de consulta: 6 de mayo 2018]. Disponible en: <http://www.madrimasd.org/blogs/universo/2015/02/14/146171>

- FAO (Organización de las naciones unidas para la agricultura y la alimentación (1987)). [en línea]. Estado Mundial de la Agricultura y la Alimentación, Colección FAO: Agricultura, N° 21, Roma-Italia. [fecha de consulta: 5 de mayo 2018]. Disponible en : <http://www.fao.org/docrep/017/ap667s/ap667s.pdf>

- EGUREN, Fernando. La Agricultura de la Costa Peruana, en Debate Agrario: Análisis y Alternativas N° 35, [en línea] Centro Peruano de Estudios Sociales CEPES, Lima-Perú. 2003. [Fecha de consulta: 6 de mayo 2018]. Disponible en: <http://www.cepes.org.pe/debate/debate35/debate.htm>.

- BARBARO, Lorena et al. IMPORTANCIA DEL PH Y LA CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA (CE) EN LOS SUSTRATOS PARA PLANTA. [en línea] [fecha de consulta: 6 de mayo 2018]. Disponible en: https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-inta_-_importancia_del_ph_y_la_conductividad_elctrica.pdf

- IMPORTANCIA DEL PH Y LA CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA (CE) EN LOS SUSTRATOS PARA PLANTA. [en línea] BARBARO, Lorena *et al.* [fecha de consulta: 6 de mayo 2018]. Disponible en: https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-inta_-_importancia_del_ph_y_la_conductividad_elctrica.pdf.

- INSTITUTO GEOGRÁFICO AGUSTÍN CODAZZI, descripción y corrección de productos landsat 8 LDCM (landsat data continuity mission). [en línea]. Centro de investigación y desarrollo en información geográfica – CIAF, 2013. Bogotá - Colombia. [Fecha de consulta: 30 de abril de 2018]. Disponible en: <http://www.unspider.org/sites/default/files/LDCM-L8.R1.pdf>.

- INEI. Población Ocucaje, 2012. disponible en: https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digiales/Est/.../libro.pdf

- Autoridad nacional del agua y ministerio de agricultura y riego. ESPECIALISTAS de la ANA sostienen que salinización de Ocucaje se solucionará con drenes. [en línea] 24 de junio 2013 [fecha de consulta: 4 de abril de 2018]. Disponible en:

<http://www.ana.gob.pe/noticia/especialistas-de-la-ana-sostienen-que-salinizacion-de-ocuja-se-solucionara-con-drenes>

- ESPECIALISTAS de la ANA sostienen que salinización de Ocucaje se solucionará con drenes. Autoridad nacional del agua y ministerio de agricultura y riego. 24 de junio 2013. Disponible en: <http://www.ana.gob.pe/noticia/especialistas-de-la-ana-sostienen-que-salinizacion-de-ocuja-se-solucionara-con-drenes>.
- SPPA (Sensor performance products and algorithms), descripción de OLI. [En línea]. 22 de septiembre de 2015. Párr. 2. Disponible en: <https://earth.esa.int/web/sppa/mission-performance/esa-3rd-party-missions/landsat-8/oli-tirs/sensor-description>.
- NASA. landsat science. Sensor infrarrojo térmico (TIRS). 10 de mayo de 2018. párr. 3-4. Disponible en: <https://landsat.gsfc.nasa.gov/thermal-infrared-sensor-tirs/>.
- LA VOZ DE ICA. Distrito de Ocucaje celebrará su 29º Aniversario el 18. [en línea]. Ica, Perú. 2013. [Fecha de consulta: 29 de abril de 2018]. Disponible en: http://www.lavozdeica.com/index.php?option=com_content&view=article&id=8842:distrito-de-ocuja-celebrara-su-29o-aniversario-el-18&catid=100:categoria-locales&Itemid=476
- PULIDO MADRIGAL. J, GONZALES MERAZ. C, INFANTE R. J, DELGADO. J, monitoreo de la salinidad mediante sensores remotos. [en línea] Chapingo-México, 2010. 13 PP. [FECHA DE CONSULTA: 2 DE MAYO DE 2018]. Disponible en: <http://www.redalyc.org/pdf/573/57316076002.pdf>
- AL-KHAIER, F. Soil Salinity Detection Using Satellite Remote Sensing. Tesis (magister en ciencias). in Geo-Information Science and Earth Observation, Watershed Management, Conservation and River Basin Planning Specialization. International Institute for Geo-Information Science and Earth observation, Enscheda, the Netherlands,

2003, 70 pp. disponible en:
https://webapps.itc.utwente.nl/librarywww/papers_2003/msc/wrem/khaier.pdf

- INEI, lima. 2012 p. 21
- MINAM. Guía para el muestreo de suelos, Lima, noviembre 2014. Disponible en:
www.minam.gob.pe/wp-content/.../04/GUIA-MUESTREO-SUELO_MINAM1.pdf
- HERNÁNDEZ, Roberto, FERNANDEZ, Carlos y BAPTISTA, Pilar. Metodología de la investigación. México: MC Graw Hill Education, 2014. 600 pp.
- NICHOL PRETELL, Olga Lissett. NIVELES DE SALINIDAD DEL AGUA DE RIEGO EN EL RENDIMIENTO DEL CULTIVO DE LECHUGA (*Lactuca sativa* var. Longifolia), EN SUELO ARENOSO, lima, 2017. p. 7
- FUNDACIÓN PROCUCE NAYARIT, A.C. Salinidad del suelo. México. 2010. P. 25
Allbed. Amal, Kumar. Lalit. Soil Salinity Mapping and Monitoring in Arid and Semi-Arid Regions Using Remote Sensing Technology: A Review. [En línea].2013 disponible en: https://file.scirp.org/pdf/ARS_2013122611191714.pdf
- Ahmed E. Abdel Gawad, Atef M. Abu Donia, Mahmoud Elsaid. Processing of Landsat 8 Imagery and Ground Gamma-Ray Spectrometry for Geologic Mapping and Dose-Rate Assessment, Wadi Diit along the Red Sea Coast, Egypt. [en línea]. 2016. [Fecha de consulta: 6 de agosto 2018]. Disponible en: [10.4236/ojg.2016.68069](https://doi.org/10.4236/ojg.2016.68069)
- Nawar, Said & Buddenbaum, Henning & Hill, Joachim & Kozak, Jacek. Modeling and Mapping of Soil Salinity with Reflectance Spectroscopy and Landsat Data Using Two Quantitative Methods (PLSR and MARS). [en línea], 2014. [Fecha de consulta: 10 de septiembre de 2018]. Disponible en:
https://www.researchgate.net/publication/267953062_Modeling_and_Mapping_of_Soil_Salinity_with_Reflectance_Spectroscopy_and_Landsat_Data_Using_Two_Quantitative_Methods_PLSR_and_MARS

- Hao Yu, Mingyue Liu, Baojia Du, Zongming Wang, Liangjun Hu, Bai Zhang. Mapping Soil Salinity/Sodicity by using Landsat OLI Imagery and PLSR Algorithm over Semiarid West Jilin Province, China. [en línea], china. 2018 [Fecha de consulta: 24 de noviembre de 2018]. Disponible en: <https://doi.org/10.3390/s18041048>.
- Engdawork Asfaw a, *et al.* Soil salinity modeling and mapping using remote sensing and GIS: The case of Wonji sugar cane irrigation farm, Ethiopia. [En línea] Etiopia, 2016, [Fecha de consulta: 4 de agosto 2018] p7. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jssas.2016.05.003>.
- Heidinger, A. H. Detección de Salinidad de los Suelos en el Altiplano Peruano – Boliviano Mediante Percepción Remota, Inducción Electromagnética y Sistema de Información Geográfica, Tesis de Licenciatura, Universidad Nacional Agraria la Molina – Facultad de Ciencias, Lima-Perú. 2008

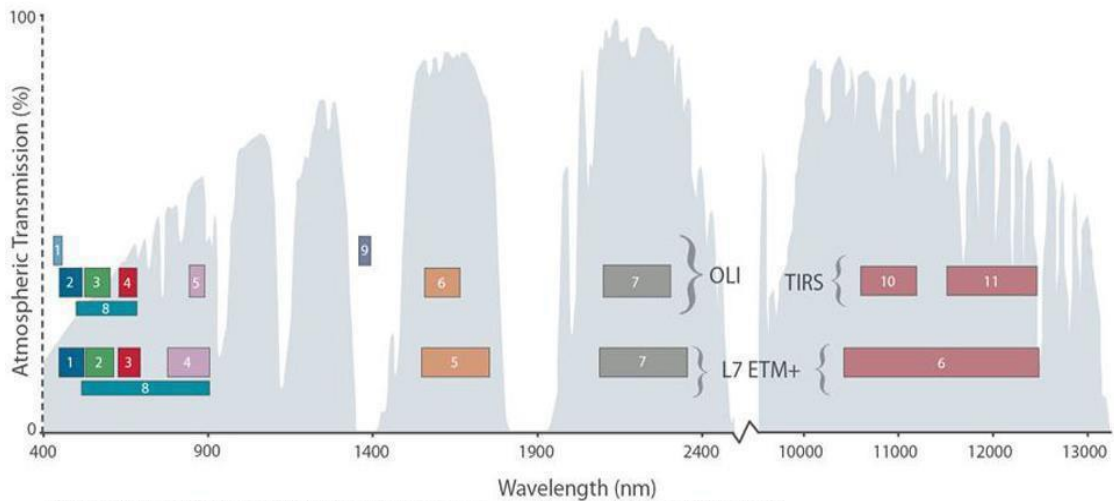
VIII. ANEXOS.

ANEXO N° 1 (Tabla 1: Distribución de las bandas en OLI y TIRS)

Bandas	Longitud de onda (micrómetros) (μm)	Resolución (metros)
Band 1 – aerosol costero	0.433 - 0.453	30
Band 2 – azul	0.450 – 0.515	30
Band 3 – verde	0.525 – 0.600	30
Band 4 – rojo	0.630 – 0.680	30
Band 5 – infrarrojo cercano (NIR)	0.845 – 0.885	30
Band 6 – infrarrojo de onda corta(swir1)	1.560 – 1.660	30
Band 7 - infrarrojo de onda corta(swir2)	2.100 – 2.300	30
Band 8 – Pancromático	0.500 – 0.680	15
Band 9 – cirrus.	1.360 – 1.390	30
Band 10 – infrarrojo térmico (TIRS) 1	10.30 – 11.30	100
Band 11 - infrarrojo térmico (TIRS) 2	11.50 – 12.50	100

Fuente: USGS.2013

ANEXO N° 2 Ancho de bandas.



Bandpass wavelengths for Landsat 8 OLI and TIRS sensor, compared to Landsat 7 ETM+ sensor

Note: atmospheric transmission values for this graphic were calculated using MODTRAN for a summertime mid-latitude hazy atmosphere (circa 5 km visibility).

Fig. 1. Ancho de bandas para sensores OLI y TIRS en Landsat 8 y ETM+ en landsat 7(USGS, 2013 recuperado de INSTITUTO GEOGRÁFICO AGUSTÍN CODAZZI, 2013.)

ANEXO N° 3 satellite landsat 8/LDCM

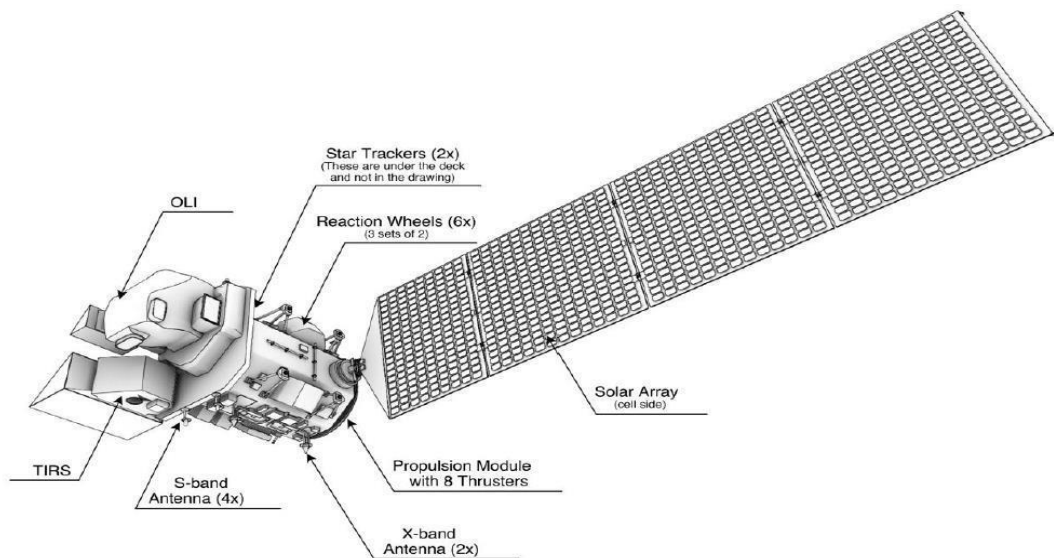


Fig. 2. Descripción de los subsistemas en la plataforma LDCM (USGS, 2013), recuperado de INSTITUTO GEOGRÁFICO AGUSTÍN CODAZZI, 2013.)

ANEXO N° 4 Matriz de consistencia

PROBLEMAS	HIPOTESIS	OBJETIVOS	Variable.	Definición conceptual.	Definición operacional.	Dimensión.	Indicador.	Unidad.
<p>Problema general. ¿De qué manera el modelo matemático aplicado en imágenes del Landsat 8/LDCM identificara los suelos salinos en el distrito de Ocucaje, 2018?</p> <p>Problema específico. ¿En qué medida el índice de salinidad (Indsal) influye en la clasificación de suelos salinos en el distrito de Ocucaje 2018? ¿En qué medida influyen el índice de vegetación (NDVI) y el índice de salinidad (Indsal) en la determinación del área afectada por la salinidad en el distrito de Ocucaje, 2018?</p>	<p>Hipótesis general El modelo matemático aplicado en imágenes del satélite Landsat 8/LDCM permite identificar los suelos salinos en el distrito de Ocucaje, 2018.</p>	<p>Objetivo general. Identificar suelos salinos mediante la aplicación de un modelo matemático con imágenes del Landsat 8/LDCM en el distrito de Ocucaje, 2018.</p>	<p>DEPENDIENTE: suelos salinos.</p>	<p>Los suelos salinos son la acumulación de sales solubles del agua en el suelo, tales como las sales de magnesio (Mg^{2+}), potasio (K^+), calcio (Ca^{2+}), cloruro (Cl), sulfato (So^{2-}_4), carbonato (CO^{2-}_3) y bicarbonato (HCO^-_3). Los cuales tienen un efecto negativo en la química y física de los suelos, así mismo afectan a las raíces de las plantas afectando el crecimiento, desarrollo y productividad. (García, 2002. Es citado por Socaflores, 2015)</p>	<p>Para la identificación de suelos salinos en el área de estudio se tendrá que determinar la conductividad eléctrica (C.E.) del suelo in situ y realizar un mapa, detallando la caracterización de la salinidad del suelo</p>	<p>clasificación</p>	No salino (<2)	(ds/m)
	Ligeramente salino (2-4)	(ds/m)						
	Moderadamente salino (4-8)	(ds/m)						
	Fuertemente salino (8-16)	(ds/m)						
	Extremadamente salino (>16)	(ds/m)						
	medida de suelo afectado	area				m ²		
<p>Hipótesis específico. El índice de salinidad (Indsal) influye positivamente en la clasificación de suelos salinos en el distrito de Ocucaje, 2018. El índice de vegetación (NDVI) y el índice de salinidad influyen de manera positiva en la determinación de áreas afectadas por la salinidad del suelo en el distrito de Ocucaje, 2018.</p>	<p>Objetivos específicos. Generar un mapa espacial de la clasificación de la salinidad de los suelos salinos mediante los valores de reflectancia del Indsal en el distrito de Ocucaje, 2018. Determinar las áreas afectadas por la salinidad del suelo con los valores de reflectancia del NDVI e Indsal en el distrito de Ocucaje, 2018.</p>	<p>INDEPENDIENTE: Modelo matemático con LandSat 8/LDCM</p>	<p>$indsal = \frac{(p6-p7)}{(p6+p7)}$ Este índice fue propuesto por (Found Al Khaier, 2005), "quien utilizó los rangos de longitud de onda del infrarrojo medio para los sensores TM y ETM+, quiere decir que utilizó la reflectancia de la banda 6 y 7.</p>	<p>El satélite Landsat 8/LDCM por medio de sus dos sensores OLI y TIRS permitirá el procesamiento con el modelo matemático aplicado en imágenes multiespectral que identificará las características del suelo salino y generar un mapa de salinidad. Por medio del programa teledetección Envi.</p>	<p>Imagen multiespectral.</p>	<p>NDVI</p>	<p>Valores Adimensionales de -1 a 1</p>	
						IndSal		

Fuente: elaboración propia

ANEXO N° 6 cronogramas de ejecución.

ITE MS	TEMA	ABRIL				MAYO				JUNIO				JULIO				AGOSTO				SEPTIEMBRE				OCTUBRE				NOVIEMBRE				DICIEMBRE							
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4				
1	GABINETE: Elaboración de tesis (generalidades, plan de investigación y plan de trabajo)	x																																							
2	GABINETE: Elaboración de proyecto de tesis (metodología)					x																																			
3	CAMPO: trabajo de campo (diseño de estructuras)													x																											
4	CAMPO: trabajo de campo (visualización del área de estudio)																					x																			
5	CAMPO: trabajo de campo (muestreo)																					x																			
6	GABINETE: procesamiento de los datos de campo en el programa ENVI y SPSS																					x																			
7	GABINETE: análisis de los resultados de campo																									x															
8	GABINETE: (adquisición de imágenes y capas layers)																													x											
9	GABINETE: procesamiento de datos, delimitación del área de estudio por medio del programa ENVI																																	x							
10	GABINETE: generación de mapa de salinidad del suelo																																					x			

Fuente: elaboración propia



**ACTA DE APROBACIÓN DE ORIGINALIDAD
DE TESIS**

Código : F06-PP-PR-02.02
Versión : 09
Fecha : 23-03-2018
Página : 1 de 1

Yo, **Marco Antonio Herrera Díaz** docente de la Facultad Ingeniería y Escuela Profesional Ingeniería Ambiental de la Universidad César Vallejo Lima Este. (precisar filial o sede), revisor (a) de la tesis titulada

"Identificación de suelos salinos mediante aplicación de un modelo matemático con imágenes del landsat 8/2018 en el distrito de Ocucaje, 2018",
del (de la) estudiante **Fidelino Cruz Quispe**

....., constato que la investigación tiene un índice de similitud de **.19**...% verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin.

El/la suscrito (a) analizó dicho reporte y concluyó que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio. A mi leal saber y entender la tesis cumple con todas las normas para el uso de citas y referencias establecidas por la Universidad César Vallejo.

Lugar y fecha **LIMA, 10 DE DICIEMBRE 2018**


.....
Mg. Marco Antonio Herrera Díaz
DNI: 44553815

Elaboró	Dirección de Investigación	Revisó	Representante de la Dirección / Vicerrectorado de Investigación y Calidad	Aprobó	Rectorado
---------	----------------------------	--------	---	--------	-----------



FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA AMBIENTAL

IDENTIFICACIÓN DE SUELOS SALINOS MEDIANTE APLICACIÓN DE UN MODELO MATEMÁTICO EN IMÁGENES DEL LANDSAT 8/LDCM EN EL DISTRITO DE OCUCAJE, 2018

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO AMBIENTAL

AUTOR:
CURI QUISPE, FIDELINO

ASESOR:
HERRERA DIAZ, MARCO ANTONIO

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:
CALIDAD Y GESTIÓN DE LOS RECURSOS NATURALES

Resumen de coincidencia

19 %

- 1 repositorio.uv.edu.pe
- 2 www.un-spider.org
- 3 repositorio.lamolina.edu...
- 4 seroterra.com
- 5 Entregado a Universidad...
- 6 tesis.pucp.edu.pe
- 7 rdu.unc.edu.ar
- 8 Entregado a Rhodes Un...
- 9 repository.udca.edu.co...
- 10 www.redalyc.org
- 11 www.mdpi.com
- 12 repositorio.unasam.edu...
- 13 cybertesis.unmm.edu...

[Handwritten signature]
10/12/18



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

AUTORIZACIÓN DE LA VERSIÓN FINAL DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

CONSTE POR EL PRESENTE EL VISTO BUENO QUE OTORGA EL ENCARGADO DE INVESTIGACIÓN DE

Mg. Fernando Antonio Sernaqué Auccahuasi

A LA VERSIÓN FINAL DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN QUE PRESENTA:

Fidelino Curi Quispe

INFORME TÍTULADO:

Identificación de Suelos Salinos mediante aplicación de un modelo matemático con imágenes del Landsat 8/10C4 en el distrito de Cwccayc, 2018

PARA OBTENER EL TÍTULO O GRADO DE:

Ingeniero Ambiental

SUSTENTADO EN FECHA: 10/12/18

NOTA O MENCIÓN: 14

MG. FERNANDO ANTONIO SERNAQUÉ AUCCAHUASI