

EVOLUCIONES DEL NIVEL ESTÁTICO Y CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA DEL AGUA SUBTERRÁNEA DEL VALLE CHANCAY-LAMBAYEQUE, PERIODO 1996-2014

EVOLUTIONS OF THE STATIC LEVEL AND ELECTRICAL CONDUCTIVITY OF THE UNDERGROUND WATER OF CHANCAY -LAMBAYEQUE VALLEY. PERIOD 1996-2014

José Rosario Cabrejos Bermejo¹

Fecha de recepción: 24 enero 2018

Fecha de aprobación: 26 marzo 2018

DOI: <https://doi.org/10.26495/rtzh1810.125347>

Resumen

La importancia del estudio es conocer las evoluciones del Nivel Estático y la Conductividad Eléctrica del agua subterránea del valle Chancay-Lambayeque explotada para fines agrícolas, durante 1996-2014. Los problemas de degradación de suelos y agua que afrontan los valles costeros en las partes bajas en los que el nivel freático se encuentra muy superficial especialmente el valle Chancay – Lambayeque, se agudizan con el manejo inadecuado del recurso hídrico debido a la deficiente infraestructura del sistema de riego y drenaje existente en la zona, ineficiente uso del riego, y falta de capacidades del usuario en el manejo del recurso hídrico. En este valle, se ha implantado el riego sin haber previsto la instalación de un adecuado sistema de drenaje. Este estudio fue realizado basado en información existente en el Ministerio de Agricultura, el Instituto Nacional de Recursos Naturales (INRENA) y en la Autoridad Nacional del Agua (ANA). Se utilizó el método estadístico descriptivo, la población muestral es el acuífero del valle Chancay-Lambayeque, la muestra la constituye los pozos y las variables son Nivel Estático y Conductividad Eléctrica. En la evaluación de estos factores se usó las técnicas de correlación y regresión. En la mayoría de los pozos si el nivel estático aumenta, la conductividad eléctrica disminuye y en el resto de pozos si el nivel estático incrementa la conductividad eléctrica también incrementa. En este caso debido al escaso e ineficiente sistema de drenaje y a la carencia sistema de drenaje en otros.

Palabras Clave: Acuífero, conductividad eléctrica, degradación ambiental, drenaje, nivel estático.

Abstract

The importance of study is to know the evolution of the Static Level and Electrical Conductivity of the underground water of the valley Chancay-Lambayeque, exploited for agricultural purposes, during 1996-2014. The problems of degradation of agricultural soils and water facing the coastal valleys in Peru, in low watershed, is due to the fact that the level phreatic is very superficial, especially in the Chancay - Lambayeque valley. These problems are exacerbated by inadequate management of the water resource, due to the poor infrastructure of the irrigation and drainage system in the area, and the lack of user capacities in the management of water resources. In this valley has been implemented the irrigation by flood without having foreseen the installation of an adequate and efficient system of drainage. This study was carried out based on existing information from the Ministry of Agriculture (National Institute of Natural Resources - INRENA) and the National Water Authority (ANA). The descriptive statistical method was used, the population the Chancay-Lambayeque valley aquifer; the independent variables are the water samples from the wells and the dependent variables are the Static Level and the Electrical Conductivity. In the evaluation of those factors, correlation and regression techniques were used. In most wells , if the static level increase, the eléctrico conductivity it decreases and in the rest of the wells, if the static level increase, the electrical conductivity also increase .In this case due to scarce and enfcient drainage system and the lack of drainage system others.

Keywords: Aquifer, electrical conductivity, environmental degradation, drainage, static level

¹ Magister en Ingeniería Ambiental, Escuela de Postgrado de la Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo, Lambayeque-Perú, jos_caber@hotmail.com Código ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3119-7171>

1. Introducción

En este estudio se plantea conocer las evoluciones y relaciones del Nivel Estático y Conductividad Eléctrica del agua subterránea del valle Chancay-Lambayeque a través de las fuentes hídricas subterráneas (pozos), desde 1996 al 2014. La justificación e importancia de esta investigación se manifiesta por las siguientes razones: Científica: Permite conocer en qué medida están oscilando la Conductividad Eléctrica y Nivel Estático y cuáles son las tendencias de estas variables. Técnica: Implementación de acciones para la explotación del recurso hídrico subterráneo en forma racional. Ambiental: Implementación de acciones para un manejo adecuado a fin de mantener la calidad del agua en niveles aceptables para sus diferentes usos favoreciendo de esta manera la conservación del medio ambiente y Social: Mejoramiento de la calidad de vida para los agricultores del valle en estudio.

Actualmente en el valle Chancay-Lambayeque se aplican volúmenes desmedidos de riego por inundación, especialmente a los cultivos de arroz y caña de azúcar en grandes extensiones y también debido a la no existencia de un drenaje localizado e insuficiente mantenimiento del drenaje principal. Debido a estas situaciones año tras año aumenta el hectareaje de los terrenos degradados por efecto de la salinidad en este valle, donde se ha implantado el riego sin haber previsto la instalación de un adecuado sistema de drenaje. Estas condiciones permiten que los estratos impermeables cercanos a la superficie del suelo que a la falta de un sistema de drenaje adecuado presenten niveles freáticos altos y debido a fenómenos de capilaridad y particularidades climáticas el agua puede llegar a la zona radicular, e incluso hasta la superficie del suelo, donde se evapora dejando las sales que lleva disueltas. (Autoridad Nacional del Agua [ANA], 2009, p. 101)

Considera la existencia de un nivel freático elevado en varios sectores del valle y que es necesario promover la mejora de la eficiencia de riego, la operatividad de parte de los 997 pozos utilizables. Este autor también manifiesta que la mayor parte de los pozos de las empresas agroindustriales ubicados en la Zona I (Chongoyape, Pátapo, Pucalá, Tumán) cuentan con equipos de bombeo pero no realizan explotación del acuífero, debido a la crisis interna, que vienen presentando en los últimos años. Esto se refleja en el menor volumen en el año 2009. El volumen de explotación del acuífero en el 2009 fue de 61 964,511 m³, (61.96 MMC), que equivale a un caudal continuo de explotación de 1.99 m³/s. (Cabrejos, 2015, pp. 79-80)

Manifiestan que los impactos ambientales positivos relevantes en el desarrollo del proyecto Chancay-Lambayeque son: Manejo integral de la cuenca, en los recursos hídricos, forestales y suelos-incremento en la recreación de la naturaleza y vida silvestre de la cuenca. Mejor uso de los recursos de suelo y agua al permitir la regulación y mejoramiento de la tecnología de riego en 88,000 há. Aumentos en los índices de productividad agropecuaria y aumento de la calidad de vida para un segmento de la población bajo el área de desarrollo. (Garcés y Guerra, 1999, p. 51)

Nos dicen que el principio de prevención es fácil de aplicar cuando se conocen las respuestas del ecosistema. Las respuestas de los ecosistemas pueden ser impredecibles, por lo que resulta difícil demostrar, sin lugar a dudas, que un determinado daño ambiental se producirá con una determinada acción. (Garmendia et al, 2008, p. 31)

Considera que cuando se tiene un sitio contaminado, ya sea como pasivo ambiental o como contaminación reciente, es necesario caracterizarlo; es decir, se requiere tener el más amplio conocimiento posible sobre el lugar, los contaminantes presentes en el suelo y agua subterránea, y si el caso, establecer las áreas y los volúmenes afectados a través de una metodología específica. A continuación, se presentan los pasos para una evaluación: 1. Identificación de las fuentes de contaminación y el tipo de contaminantes. 2. Caracterización del sitio. 3. Estrategias del muestreo

(ubicación y el número de puntos), así como el tipo de muestreo (suelo, agua, vapores). 4. Parámetros para evaluar y métodos analíticos. 5. Definición de niveles de limpieza. 6. Evaluación de las técnicas de limpieza factibles. (Iturbe, 2014, p. 93).

Manifiesta que un problema de contaminación del agua particularmente difícil es el del agua subterránea, la de los mantos acuíferos, que es la fuente de agua potable para muchas personas. Debido a la capacidad purificadora de la Tierra sobre el acuífero, por lo general del agua subterránea ha estado relativamente libre de contaminantes, sin embargo se dan casos en que ésta se contamina, en particular a causas de fugas que hay en las instalaciones para almacenamiento que se encuentran en la superficie, ya sea para guardar desperdicios o líquidos al por mayor, como la gasolina, pues en el pasado los residuos químicos se acumulaban en la superficie, por lo que años más tarde llegaban a la subterránea. (Kolstad, 2001, p. 15)

Considera que, en suelos con mal drenaje, la respiración de las raíces se ve muy dificultada. Los micro poros donde normalmente existiera aire, están ocupadas por el agua. Al principio las raíces consumen el que atrapado en el agua del suelo el cual es expulsado totalmente, asimismo utilizan el oxígeno disuelto. Esto explica porque las plantas resisten algún tiempo (uno o dos días) con el suelo saturado, sin que disminuya la producción. Cuando el oxígeno disponible desciende por debajo de unos niveles que son distintos para cada planta. Las raíces disminuyen la actividad respiratoria y en consecuencia disminuyen también sus actividades fisiológicas. (Pizarro, 1978, p. 23)

2. Material y métodos

Para la ejecución de la investigación se implementó el método analítico, este método es un proceso cognitivo por lo que se podrá analizar detalladamente los datos e información relacionada con la investigación.

La población de las muestras está constituida por 2 602 pozos existentes en el valle de estudio de acuerdo al último inventario realizado por la ANA en el año 2009, de los cuales se han muestreado 344 pozos que constituye el 13.22%. Se considera el Nivel Estático como variable independiente y la Conductividad Eléctrica como variable dependiente.

Procedimiento para la recolección de datos

Para recolectar los datos se seguirán los siguientes pasos:

Paso 1: Se seleccionó una muestra de 344 pozos de la red piezométrica establecida por la ANA en todo el valle Chancay-Lambayeque.

Paso 2: Se seleccionó un programa de análisis de datos. En esta investigación emplearemos el programa de SPSS versión 22 y Microsoft Excel 2016 para la tabulación y obtención de tablas y figuras.

Paso 3: Se evaluó la fiabilidad, validez y objetividad de los instrumentos.

Paso 4: Se exploró los datos luego de aplicar el instrumento y se ejecutó el programa de análisis respectivo.

Paso 5: Se extrajo los datos del programa de word para analizar e interpretar los resultados que se han obtenido de la aplicación del instrumento de recolección de datos por delimitación política de la región (distritos) y en forma general.

3. Resultados

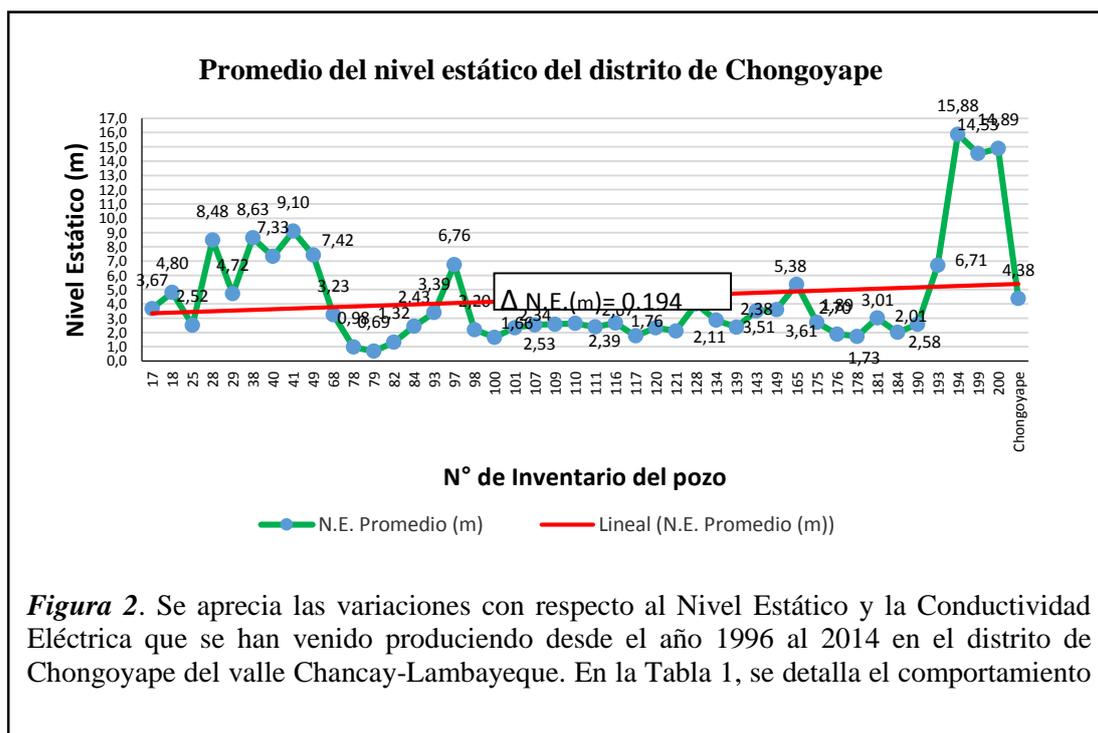
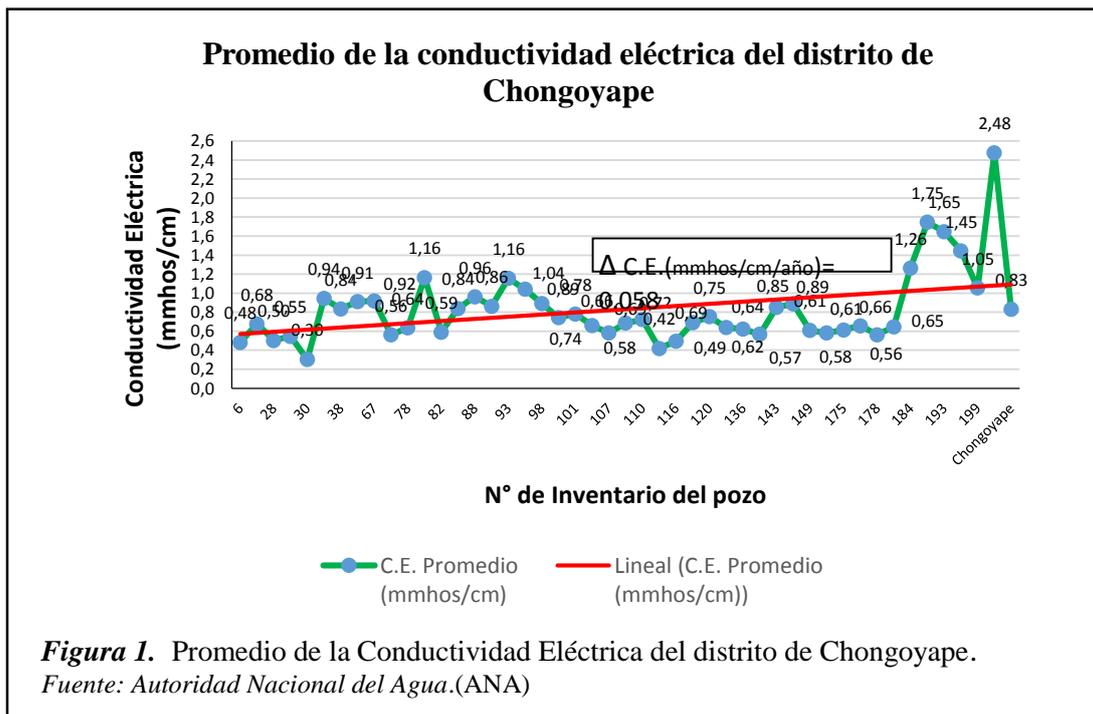
En el presente estudio se han considerado 344 puntos de muestreos para la obtención de las variaciones del nivel estático y la conductividad eléctrica en el área de estudio localizados en los 23 distritos del valle Chancay-Lambayeque. (ver figuras del 5-10)

Cabe mencionar a la selección y el # de pozos a investigar fue determinado inicialmente por INRENA (Instituto Nacional de Recursos Naturales).

En el valle de estudio existen 03 tipos de fuentes hídricas subterráneas: tubulares, tajo abierto y mixtos, que hacen un total de 2602.

3.1. Consolidado de las variaciones del nivel estático y conductividad eléctrica

Tomando como referencia los datos obtenidos por INRENA y ANA, las figuras correspondientes a las variaciones del nivel estático y conductividad eléctrica versus el # I.R.H.S. (Inventario de Recursos Hídricos Subterráneos)



de las variaciones normales anuales del Nivel Estático y Conductividad Eléctrica en el valle Chancay-Lambayeque.

En la Tabla 2, se detalla el comportamiento las variaciones anormales anuales del Nivel Estático y Conductividad Eléctrica en 11 distritos a saber Chongoyape, Pimentel, Pucalá, Chiclayo, La Victoria, Santa Rosa, Eten, Lambayeque, Ferreñafe y Mórrope. En este cuadro se aprecia que a un incremento del Nivel Estático le corresponde un incremento de la Conductividad Eléctrica y a una disminución del Nivel Estático le corresponde una disminución de la Conductividad Eléctrica.

Estas anomalías pueden ser atribuibles a: la existencia de un escaso e ineficiente sistema de drenaje en unos casos y a la carencia del mencionado sistema de drenaje en otros casos, variabilidad debido a las diferentes épocas de medición de los parámetros en estudio, variabilidad con respecto al área irrigada en un momento determinado, variabilidad de cambios de operadores técnicos en la medición de los parámetros en estudio.

Tabla 1

Consolidado de las Variaciones promedios anuales del Nivel Estático y Conductividad Eléctrica Comportamiento Normal

N°	Distrito	Nivel Estático. (m/año)	C.E. (mmhos/cm/año)
1	Tumán	+ 0.005	- 0.295
2	Picsi	- 0.110	+ 0.018
3	Pítipo	- 0.019	+ 0.044
4	Mochumí	- 0.016	+ 0.018
5	San José	- 0.007	+ 0.189
6	Túcume	- 0.028	+ 0.066
7	Pátapo	+ 0.051	- 0.047
8	José L. Ortiz	+ 0.034	- 0.051
9	Monsefú	+ 0.238	- 0.031
10	Reque	+ 0.063	- 0.020
11	Pueblo Nuevo	+ 0.003	- 0.008
12	Manuel M.M.	- 0.008	+ 0.031

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 2

Consolidado de las Variaciones promedios anuales del Nivel Estático y Conductividad Eléctrica Comportamiento Anormal

N°	Distrito	N.E. (m)	C.E. (mmhos/cm/año)
1	Chongoyape	+ 0.194	+ 0.058
2	Pimentel	+ 0.060	+ 0.405
3	Pucalá	- 0.136	- 0.052
4	Chiclayo	- 0.037	- 0.023
5	La Victoria	- 0.021	- 0.069
6	Santa Rosa	- 0.005	- 0.060
7	Eten	- 0.043	- 0.072
8	Lambayeque	- 0.014	- 0.063
9	Ferreñafe	- 0.092	- 0.085
10	Mórrope	- 0.085	- 0.033

11	Pomalca	- 0.105	- 0.000
----	---------	---------	---------

Fuente: Elaboración propia.

3.2. Consolidado de la asociación entre el nivel estático y conductividad eléctrica en el valle Chancay-Lambayeque.

Para evaluar el grado de asociación entre el Nivel Estático y la Conductividad Eléctrica se recurrió a las técnicas de correlación y regresión lineal simple, las mismas que permitieron evaluar la asociación o relación y explorar la dependencia entre estos dos factores cuantitativos. La parte gráfica de esta asociación es representada a través de gráficos de dispersión o nube de puntos.

A través del cálculo de la correlación se evalúa la fuerza de asociación entre el Nivel Estático y la Conductividad Eléctrica, indicando además la dirección de esta asociación, de forma que se identificó si cuando aumenta el valor del Nivel Estático aumenta también el valor de la Conductividad Eléctrica (relación directa) o por el contrario disminuye (relación indirecta).

El índice resumen para evaluar la correlación entre el Nivel Estático y la Conductividad Eléctrica (valores cuantitativos) es el Coeficiente de Correlación, y por tratarse de valores cuantitativos se calculó la Correlación de Pearson (r de Pearson), cuyo cálculo es paramétrico, es decir, se basa en la media y la varianza.

Mediante el cálculo de la regresión lineal simple, se determinó si la relación entre el Nivel Estático y la Conductividad Eléctrica es lineal, proporcionándonos coeficientes para ajustar la línea recta a los diversos pares de valores que proporciona cada pozo de la muestra. En este cálculo se asume que el Nivel Estático adopta el papel de variable predictora o independiente y la Conductividad Eléctrica es el efecto, resultado o variable dependiente. Con la regresión, aparte de medir el grado de asociación entre las dos variables, podremos realizar predicciones de la variable dependiente.

El SPSS (Software estadístico empleado en el presente trabajo), para el cálculo de la regresión lineal simple, entre otros valores, nos muestra tres informaciones básicas:

- Coeficiente de Determinación (R^2 – R Cuadrado): En la regresión lineal simple, se trata del coeficiente de correlación de Pearson elevado al cuadrado. Se le conoce por coeficiente de determinación y siempre será un valor positivo entre 0 y 1.

- Anova de la regresión: Se descompone, por un lado, en la suma de cuadrados explicada por la recta de regresión y por otro, en la suma de cuadrados no explicada por la regresión, denominada residual. La suma de ambas es lo que se llama suma de cuadrados totales. Por tanto, cuanto mayor sea la suma de cuadrados de la regresión respecto a la residual, mayor porcentaje de variabilidad observada podemos explicar con nuestra recta de regresión. Si la tabla presenta un resultado significativo ($p < 0,05$) rechazaríamos la hipótesis nula que afirma que la pendiente de la recta de regresión es 0.

- Coeficientes de regresión a y b de la recta: Mediante el método de ajuste conocido por “mínimos cuadrados”. SPSS aporta para cada uno de ellos la estimación puntual, el error estándar, la significación estadística del contraste y los intervalos de confianza, teniendo sentido interpretar las salidas del coeficiente b para tomar decisiones de que hasta qué punto y en qué magnitud la variación de Y depende linealmente de X .

A continuación, se detalla el consolidado de las asociaciones entre el Nivel Estático y la Conductividad Eléctrica de los 23 distritos del valle Chancay-Lambayeque.

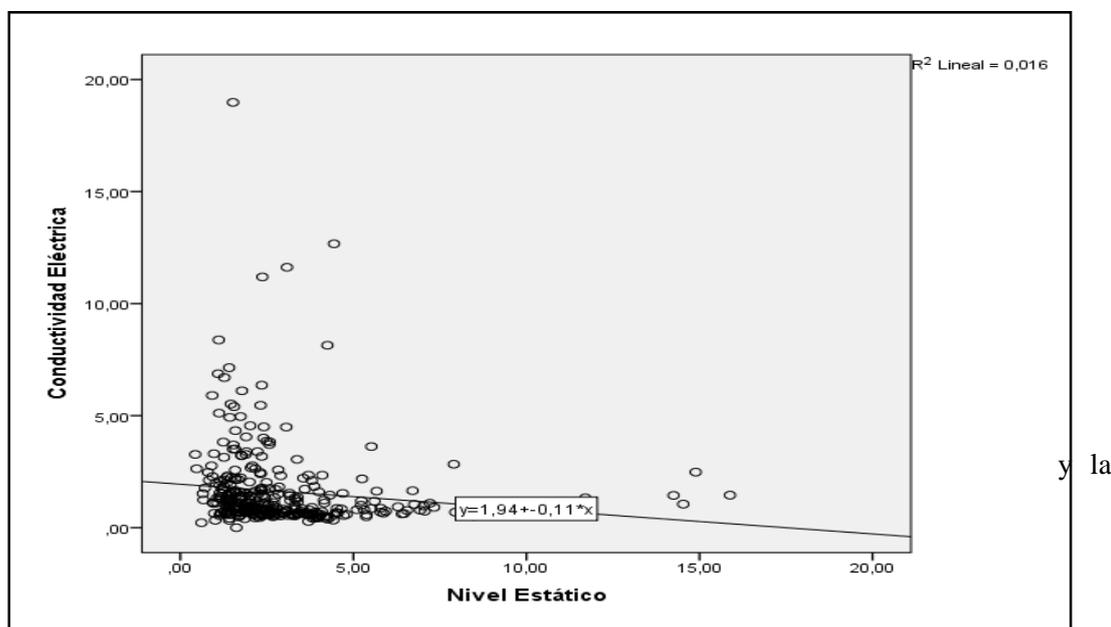


Tabla 3
Estadísticos descriptivos

	Me dia	Desviaci ón estándar	N
Conductividad Eléctrica	1,6194	1,88467	344
Nivel Estático	2,8 925	2,14576	34 4

Fuente: Elaboración propia

Tabla 4
Correlaciones

		Conductivi dad Eléctrica	Nivel Estático
Conductividad Eléctrica	Correlación de Pearson	1	-,126*
	Sig. (bilateral)		,019
	N	344	344
Nivel Estático	Correlación de Pearson	-,126*	1
	Sig. (bilateral)	,019	
	N	344	344

* La correlación es significativa en el nivel 0,05 (2 colas).

Fuente: Elaboración propia

Tabla 5
Regresión – Resumen del modelo

Modelo	R	R cuadrado	R cuadrado ajustado	Error estándar de la estimación
1	,126 ^a	,016	,013	1,87231

a. Predictores: (Constante), Nivel Estático

Fuente: *Elaboración propia*

Tabla 6
Anova^a

Modelo	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Si g.	
1	Regresión	19,438	1	19,438	5,545	,019 ^b
	Residuo	1198,898	342	3,506		
	Total	1218,336	343			

a. Variable dependiente: Conductividad Eléctrica

b. Predictores: (Constante), Nivel Estático

Fuente: *Elaboración propia*

Tabla 7
Coefficientes^a

Modelo	Coeficientes		Coeficientes estandarizados	t	S ig.
	no estandarizados	Erro r estándar			
	B		Beta		
1(Constante)	1,940	,170		11,441	,000
Nivel Estático	-,111	,047	-,126	-2,355	,019

a. Variable dependiente: Conductividad Eléctrica

Fuente: *Elaboración propia*

3.3. Gráfico de dispersión

El diagrama de dispersión es la figura donde se encuentran todos los puntos de las observaciones, tanto de la conductividad eléctrica como del nivel estático.

Cuando las variables en estudio están relacionadas, la nube de puntos que se genera tendrá una forma alargada. La recta que mejor se ajusta a esos puntos, que minimiza las distancias, es la llamada *Recta de regresión*. Como los puntos no se ajustan completamente a la recta, habrá que considerar ese elemento como el error.

En la figura 4, el nivel estático y la conductividad eléctrica presenta una “relación indirecta” (denominada también relación inversa o correlación negativa “\ ”), pues, cuando aumenta el valor del Nivel estático, disminuye el valor de la Conductividad eléctrica. El tipo de línea o ecuación de estimación que nos arroja es: $CE = 1.94 + (-0.11*NE)$

3.4. Correlación

La media de la Conductividad eléctrica equivale a 1.6194, mientras que del Nivel estático es 2.8925; en cuando a la desviación estándar, en Conductividad eléctrica tenemos 1.88467, mientras que en Nivel estático 2.14576. La cantidad de pozos utilizados para el cálculo de la correlación equivale a 344. El segundo cuadro mostrado es la llamada “Matriz de correlaciones”, la misma que es una matriz simétrica con unos en la diagonal. La información que contiene cada celda es:

- Correlación de Pearson, representado por r , es el coeficiente de correlación entre las dos variables que nos arroja un valor de -0.126 (valor negativo); es decir, la Conductividad eléctrica disminuirá conforme aumenta el Nivel estático, lo que traduce una baja correlación entre ambas variables.

- Sig., Nivel crítico (la significación) que indica la probabilidad de aceptar la Hipótesis nula, es decir que la correlación sea 0, la misma que equivale a 0.019, por lo que aceptamos la hipótesis alterna, lo cual implica que la correlación es estadísticamente significativa (diferente a 0).

- N, es el número de pozos utilizados para realizar cada análisis, el cual equivale a 344 que viene a ser el tamaño de la muestra.

Estos resultados reflejan que existe una baja o escasa correlación lineal entre el Nivel estático y la Conductividad eléctrica.

3.5. Regresión Lineal Simple

En el cálculo de la Regresión lineal simple, se visualiza tres cuadros:

- El cuadro *Resumen del modelo* aporta información de la bondad de ajuste, es decir, el coeficiente de correlación múltiple y su cuadrado. La información interesante es la R^2 , que es una estimación la proporción de varianza de la variable dependiente explicada por la variable dependiente. Cuanta más alta sea esta cifra mejor podremos predecir una variable en función de la otra. En nuestro caso 0.016; es decir, el 1.6% de las diferencias del nivel estático pueden ser explicadas por las diferencias en la conductividad eléctrica, por lo que se afirma que la correlación entre el nivel estático y la conductividad eléctrica tiene una correlación débil.

- El cuadro *Anova*, nos aporta información sobre si existe o no relación significativa entre la variable independiente y la dependiente. Como siempre, la información clave nos la aporta el nivel crítico (Sig.). Si es menor que nuestro α , concluimos que hay relación significativa (diferente de 0) y por lo tanto que la ecuación de regresión tiene sentido.

- El cuadro *Coefficientes* nos aporta información sobre los coeficientes de la recta de regresión. En dos formas:

- Al aplicar los estadísticos descriptivos en la zona de estudio se ha determinado que la media de la Conductividad eléctrica equivale a 1.6194, mientras que del Nivel estático es 2.8925. En cuando a la desviación estándar, en Conductividad eléctrica tenemos 1.88467, mientras que en Nivel estático 2.14576. La cantidad de pozos utilizados para el cálculo de la correlación equivale a 344.

- Teniendo en cuenta la Matriz de Correlaciones, se ha determinado que en conformidad con la Correlación de Pearson, representado por r , que es el coeficiente de correlación entre las dos variables nos arroja un valor de -0.126 (valor negativo); es decir, la Conductividad eléctrica disminuirá conforme aumenta el Nivel estático, lo que traduce una baja correlación entre ambas variables.

- En cuanto al nivel de significación que indica la probabilidad de aceptar la hipótesis nula, es decir que la correlación sea 0, la misma que equivale a 0.019, por lo que aceptamos la

hipótesis alterna, lo cual implica que la correlación es estadísticamente significativa (diferente a 0).

- Estos resultados reflejan que existe una baja o escasa correlación lineal entre el nivel estático y la conductividad eléctrica.

- El nivel estático y la conductividad eléctrica presenta una “relación indirecta” (denominada también relación inversa o correlación negativa “\ “), pues, cuando aumenta el valor del Nivel estático, disminuye el valor de la conductividad eléctrica. El tipo de línea o ecuación de estimación que nos arroja el gráfico es: $CE = 1.94 + (-0.11 * NE)$.

3.6. Presentación de modelo teórico

Teniendo en cuenta que en las ciencias exactas, el conocimiento científico es una aproximación. El pensamiento científico postula 3 principios:

- Las cosas no son en realidad, tal como se nos presentan (Principio de Objetividad).
- Esta realidad es inteligible, existen relaciones determinadas entre los hechos (Principio de inteligibilidad o del determinismo).
- Estas relaciones son expresables si son ordenadas (Principio de Racionalidad).

Basado en estas consideraciones este modelo teórico propuesto adjunto (Figura 4), describe y representa la dinámica de la tendencia de las evoluciones del nivel estático y la conductividad eléctrica de las fuentes hídricas subterráneas del valle Chancay- Lambayeque, durante el período de 1996 y 2014.

De acuerdo al modelo teórico propuesto la recta A, representa una relación directa, a una mayor profundidad del Nivel Estático le corresponde un incremento de la Conductividad Eléctrica. En esta opción se encuentra el comportamiento de las variables en estudio que se encuentran los distritos de Chongoyape, Pimentel, Pucalá, Chiclayo, La Victoria, Santa Rosa, Eten, Lambayeque, Ferreñafe y Mórrope.

Con respecto a la recta B, representa una relación indirecta, a mayor profundidad del Nivel Estático le corresponde una disminución de la Conductividad Eléctrica. En esta opción se encuentra el comportamiento de las variables en estudio que se encuentran en los distritos de Pátapo, Tumán, Piesi, Pítipo, Mochumí, San José, Túcume, José Leonardo Ortiz, Monsefú, Reque, Pueblo Nuevo y Manuel Mesones Muro.

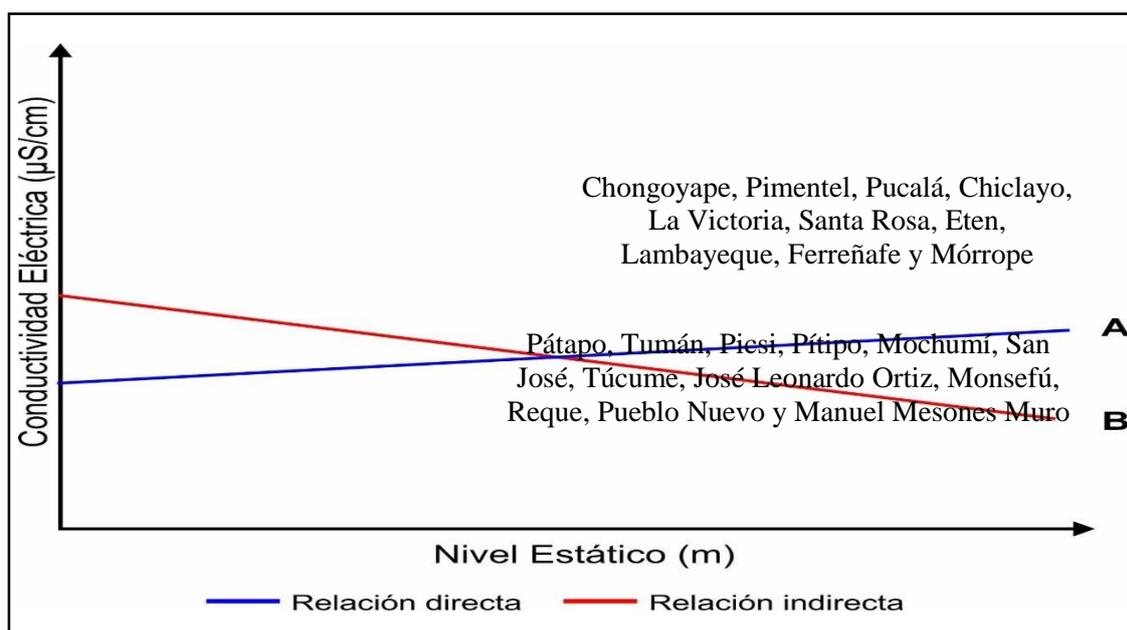


Figura 4. Tendencia de las evoluciones del Nivel Estático y la Conductividad Eléctrica de las fuentes hídricas subterráneas del valle Chancay- Lambayeque, durante el período de 1996 y 2014.

Fuente: Elaboración propia.

4. Discusión

De acuerdo a lo detallado, la tendencia actual del ascenso de la conductividad eléctrica del acuífero del valle Chancay-Lambayeque está ocasionando un incremento en la salinización de dichos suelos. Esta situación se está reflejando con mayor incidencia en las zonas I y II del mencionado valle, donde se encuentran localizados los pozos de las empresas agro industriales con una explotación anual de 13'894,446-13 M.M.C. (Pomalca), 13'103,121 M.M.C. (Tumán) y 5'893,934 M.M.C. (Pucalá), de acuerdo al inventario de pozos realizados por la Autoridad Nacional del Agua en el valle antes mencionado en el año 2009.

A pesar que en las zonas I (Distritos de Chongoyape, Pátapo, Pucalá y Tumán) y I (Distritos Pomalca, Chiclayo, José Leonardo Ortiz, La Victoria Monsefú, Reque, Eten Pimentel y San José) son la de mayor explotación en la mayoría de los casos es necesario hacer descender el nivel freático a través de una descarga o drenaje vertical mediante la explotación de los pozos. Para ello es necesario promover la apertura de los pozos que se encuentran en estado utilizable existentes en el valle Chancay-Lambayeque, de preferencia haciéndolos accionar con energía eléctrica y no con energía interna (Diesel).

La otra alternativa para pretender hacer descender el nivel freático, es necesario promover la reposición o reemplazo de los pozos tubulares existente especialmente en las empresas agroindustriales antes mencionadas, debido a que estas fuentes hídricas subterráneas, en la mayoría de los casos ya han duplicado su vida útil que se estima en 25 años (pozos perforados antes de 1960).

Si se logra cumplir con estas propuestas se puede contrarrestar el ascenso del nivel freático y por ende hacer descender la conductividad eléctrica en el valle Chancay-Lambayeque y detener la agresiva salinización de los suelos que cada año se ha incrementado considerablemente y que ha llegado inclusive a un 50% de la extensión original.

5. Conclusiones

- Se ha considerado en este estudio la información obtenida inicialmente por INRENA y por ANA, en base a sus inventarios, a partir de 1996 al 2014.

- En los distritos de Tumán, Picsi, Pítipo, Mochumí, San José, Túcume, Pátapo, José Leonardo Ortiz, Monsefú, Reque, Pueblo Nuevo y Manuel Mesones Muro. En estos distritos se aprecia que a un incremento del Nivel Estático le corresponde un descenso de la Conductividad Eléctrica y a una disminución del Nivel Estático le corresponde un incremento de la Conductividad Eléctrica.

- En los distritos de Chongoyape, Pimentel, Pucalá, Chiclayo, La Victoria, Santa Rosa, Eten, Lambayeque, Ferreñafe y Mórrope En estos distritos se aprecia que a un incremento del Nivel Estático le corresponde un incremento de la Conductividad Eléctrica y a una disminución del Nivel Estático le corresponde una disminución de la Conductividad Eléctrica.

- La media de la Conductividad eléctrica equivale a 1.6194, mientras que del Nivel estático es 2.8925. En cuando a la desviación estándar, en Conductividad eléctrica tenemos 1.88467 y el Nivel estático es 2.14576.

- La Correlación de Pearson, representado por r , que es el coeficiente de correlación entre las dos variables nos arroja un valor de -0.126 (valor negativo); es decir, la Conductividad eléctrica disminuirá conforme aumenta el Nivel estático, lo que traduce una baja correlación entre ambas variables.

- En cuanto al nivel de significación que indica la probabilidad de aceptar la Hipótesis nula, es decir que la correlación sea 0, la misma que equivale a 0.019, por lo que aceptamos la hipótesis alterna, lo cual implica que la correlación es estadísticamente significativa (diferente a 0).

- En la gráfica, el Nivel estático y la Conductividad eléctrica presenta una “relación indirecta” (denominada también relación inversa o correlación negativa “ \ “), pues, cuando aumenta el valor del nivel estático, disminuye el valor de la conductividad eléctrica. El tipo de línea o ecuación de estimación, es: $CE = 1.94 + (-0.11*NE)$

6. Referencias

Autoridad Nacional del Agua (2009). *Caracterización hidrogeológica del valle Chancay – Lambayeque*. Perú: Autoridad Local de Agua Chancay - Lambayeque.

Cabrejos, J. (2015). *Evolución del caudal de explotación del acuífero del valle Chancay-Lambayeque. Período 1997-2009*. (Tesis de Postgrado). Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo. Perú.

Garcés, C. y Guerra, J. (1999). *Consideraciones sobre impacto ambiental por efectos de Obras de regadío en el distrito de riego Chancay –Lambayeque*. Perú Serie Latinoamericana: N° 7. Recuperado de http://www.iwmi.cgiar.org/Publications/Latin_American_Series/pdf/7.pdf

Garmendia, A. et al (2008). *Evaluación de impacto ambiental*. España. Pearson Prentice Hall.

Iturbe, R. (2014). *Suelos y acuíferos contaminados evaluación y limpieza*. México. Trillas.

Pizarro, F. (1978). *Drenaje y recuperación de suelos salinos*. España. Agrícola Española S.A.

Kolstad, Ch. (2001). *Economía ambiental*. Inglaterra. Oxford University Press.



Figura 5. Terreno con problema de salinización en la Empresa Agroindustrial Pomalca S.A.



Figura 6. Terreno con problema de salinización en Empresa Agroindustrial Pomalca S.A.



Figura 7. Terreno con problema de salinización en Empresa Agroindustrial Pomalca S.A.



Figura 8. Disminución del área sembrada del cultivo de caña de azúcar por efectos de salinización de los suelos en Empresa Agroindustrial Pomalca S.A.



Figura 9. Restos de sales en el área sembrada del cultivo de caña de azúcar en Empresa Agroindustrial Pomalca S.A.



Figura 10. Medición del nivel estático en pozo tubular de propiedad de Empresa Agro Pucalá S.A. (IRHS 45)