



METODOLOGÍA PARA EVALUAR IMPACTOS AMBIENTALES EN SISTEMAS DE RIEGO Y DRENAJE

Estudio de caso, sistema de riego y drenaje del Valle de Cañete. Lima – Perú

Guillermo Lorenzo Vílchez Ochoa^{1*}

¹Universidad Nacional Tecnológica de Lima Sur. Perú UNTELS.
gvilchez@untels.edu.pe; guillermovilchez@hotmail.com (*Autor de correspondencia)

Resumen

La presente investigación es de tipo bibliográfica relacionados a evaluación de impactos ambientales en proyectos de irrigación, ecología y medio ambiente. El objetivo fue analizar impactos ambientales y medidas de control en sistemas de riego y drenaje. Se desarrolló una secuencia metodológica que permitió identificar impactos ambientales en sistemas de riego y drenaje sobre los factores ambientales físicos y bióticos en las fases de construcción y operación, además se planteó medidas de control para reducir impactos ambientales. Con la metodología desarrollada se identificó veintitrés (23) impactos ambientales en sistemas de riego y drenaje, trece (13) ocurren a la vez en fase de construcción y operación ver (cuadro 1), nueve (9) en la fase de operación y uno (01) a la fase de construcción. Los veintiún (21) impactos ambientales son reversibles, (02) irreversibles (destrucción del patrimonio cultural y alteración del ciclo hidrológico por deforestación y sobre explotación de aguas subterráneas). Se identificaron siete (07) acciones antrópicas en la fase de construcción y cinco (05) acciones antrópicas en la fase de operación, los cuales incidirán sobre los seis (07) factores ambientales. La metodología desarrollada se adoptó al caso de “sistema de riego y drenaje del Valle de Cañete”, donde se identificaron 04 impactos ambientales reversibles con sus medidas de control, los cuales son: 1. salinización de suelos, medida: lixiviado y lavado de suelos, 2. contaminación de suelos por agroquímicos, medida: capacitación, aplicación de dosis adecuada y abonos orgánicos 3. contaminación de aguas superficiales, medida: sistema de control de aguas residuales y residuos sólidos y 4. disminución de la eficiencia de riego, medida: revestimiento de canales.

Palabras claves: Sistema de riego y drenaje, medio ambiente e impactos ambientales.



Introducción

En los países de Latinoamérica se han construido sistemas de riego y drenaje con la finalidad de elevar la producción y productividad agropecuaria. El propósito primordial ha sido obtener beneficios económicos especiales sin consideraciones respecto a la magnitud de los perjuicios que pudiera estar ocasionando al ambiente físico, biótico y socio cultural en el área de influencia.

Es en años recientes cuando se ha venido creando conciencia sobre el ambiente, llevándose a cabo acciones con el fin de evaluar los posibles efectos negativos que los proyectos de riego y drenaje producen sobre los recursos naturales, y demás aspectos socio culturales, estéticos y de salud pública.

Es por las experiencias negativas que se tienen que realizar investigaciones orientadas a la evaluación de impactos ambientales en proyectos de sistemas de riego y drenaje, desarrollando y/o adaptando metodologías que permitan estudiar con anticipación sus consecuencias, desde la concepción de la idea del proyecto hasta la operación y abandono, a fin de que las alteraciones negativas sean controladas para obtener un funcionamiento sostenido del ecosistema agrícola creado.

El presente trabajo está orientado a elaborar una metodología para identificar los impactos ambientales en sistemas de riego y drenaje y presentar las medidas correctoras, adaptando un procedimiento de análisis de los impactos ambientales.

Cabe mencionar que las evaluaciones de impacto ambiental son indispensables, para prevenir problemas socio ambientales, adaptarse al cambio climático, para que las entidades financieras otorguen los créditos respectivos para los estudios y ejecución de los sistemas de riego y drenaje y también como un documento de apoyo en la toma de decisiones sobre las estrategias de desarrollo que complementen los estudios de viabilidad ambiental técnico económica y social.

Objetivos

Objetivo general

Desarrollar una metodología de identificación de los impactos ambientales asociados a los proyectos de sistemas de riego y drenaje.

Objetivos específicos

- Describir los componentes de un sistema de riego en sus fases de construcción y operación.
- Identificar los factores ambientales del medio susceptibles a recibir impactos ambientales.
- Identificar los impactos ambientales sobre los factores ambientales.



- Identificar las medidas de control para prevenir mitigar y/o corregir los impactos ambientales.

Revisión de literatura

Sistema de riego

Se define como una unidad agrícola que cuenta con las aguas y obras necesarias para poder efectuar el riego de las tierras comprendidas en ella y el funcionamiento y la conservación de las tierras bajo riego, con el fin de lograr el desarrollo agrícola, social, comercial e industrial de la unidad (Espinoza, 1962).

Astorga (1973) citado por Grassi (1976) define el funcionamiento de un sistema de riego como el conjunto de labores desarrolladas por su personal con el objeto de administrar, operar, conservar, desarrollar, mejorar y reponer tanto las obras civiles y agronómicas, como las tierras beneficiadas y asistir técnica, sanitaria, educacional y económicamente a los usuarios.

Palacios (1979) hace notar que los objetivos que se pretenden lograr con la construcción de las obras hidráulicas y la creación de sistemas de riego son las de aumentar, mejorar y asegurar la producción agrícola, procurando el máximo aprovechamiento de los recursos hidráulicos del país.

Palacios (1979), Olivares y De León (1975) coinciden en establecer que los sistemas de riego están constituidos por obras de captación y conducción que pueden ser embalses, lagos naturales, acuíferos, derivación directa del tramo de un río, que tienen por objeto obtener el agua de la fuente de abastecimiento y conducirla a los cultivos, y por una zona de riego que está constituida por las tierras que son aprovechadas, las redes de canales de distribución del riego y canales de drenaje, la vialidad interna y el probable urbanismo rural.

Oosteraan (1988) da una serie de recomendaciones para nuevos proyectos de riego, entre ellos cabe mencionar que los impactos ecológicos y del ambiente debidos al proyecto se deben estudiar en detalle y de ser necesario, proponer ajustes en el proyecto.

Ambiente

En la literatura se presentan varias formas de expresar el concepto de ambiente así, Sunkel (1986) define al ambiente como el ámbito biofísico natural y sus sucesivas transformaciones artificiales y su despliegue espacial.

Según Buroz (1974) el ambiente se entiende como el entorno que existe alrededor del hombre, esto es, el compendio de valores naturales, sociales y culturales existentes en el lugar y momento determinado que influye en la vida material y psicológica del hombre.



Impacto ambiental

Un impacto ambiental se puede definir como cualquier cambio en el sistema ambiental físico químico, biológico, cultural y/o socio económico, que se puede atribuir a actividades humanas (Duek, 1979).

Munn (1979) lo define como el cambio neto (positivo o negativo) en la salud del hombre o en su bienestar (incluyendo el cabal funcionamiento de los ecosistemas) debido a las acciones de los proyectos.

Metodologías para la identificación y evaluación ambientales

Al respecto se describe la manera de identificar los impactos ambientales, sus consideraciones y procedimientos como lista de chequeo, matrices, redes y técnicas específicas.

Lista de chequeo o contraste: Se trata de listas extensas que incluyen efectos medioambientales e indicadores de impacto, para cada tipo de proyecto. Su objetivo es facilitar un análisis, tan amplio como sea posible, acerca de las posibles consecuencias de las acciones contempladas. Las listas de chequeo son el resultado de la acumulación de experiencia en la elaboración de estudios de impacto ambientales, es posible obtener listas de efectos para proyectos de represas, urbanísticos, mineros, entre otros (CAURA, 1988. MOPU, 1989).

Matrices: Son cuadros de doble entrada donde aparecen las acciones del proyecto y los elementos o factores ambientales; identificados las entradas, a través de los cruces relevantes. Para la identificación de impactos de segundo, tercero grado se pueden construir matrices sucesivas, una de cuyas entradas son los efectos primarios, causa a su vez, de efectos secundarios sobre los factores ambientales dispuestos en la otra entrada (CAURA, 1988).

Estas matrices están típicamente constituidas por una lista de actividades precisas para el desarrollo del proyecto, la cual se enfrenta en una tabla de doble entrada de acciones y medio, la intersección de las columnas y filas resulta una lista de impactos (Gómez, 1988).

La matriz de Leopold, consta de 88 filas y 100 columnas. En las filas se encuentran diferentes condiciones o características del ambiente, y en las columnas las diferentes acciones del proyecto. Para identificar los impactos, se revisan las columnas y se seleccionan solo aquellas acciones que forman parte del proyecto en estudio (Cabeza 1987, MOPU 1989).

Redes: Esta metodología intenta integrar las causas de los impactos y sus consecuencias, mediante la identificación de relaciones entre las acciones causales y los



factores medioambientales alterados, pudiendo incluir impactos secundarios y terciarios. Este procedimiento permite al analista visualizar la conexión entre la acción y el impacto. Sin embargo, no es recomendable para grandes actuaciones regionales, el diagrama puede llegar a ser extenso, lo que disminuyen su valor práctico (MOPU, 1989).

Técnicas específicas: Entre estas técnicas se pueden citar las encuestas y reuniones de expertos. Las encuestas se realizan a personas relacionadas de algún modo con el proyecto: el cliente, la población del área a afectar, técnicas especializadas en la materia, personas con experiencia previa en proyectos parecidos. Las reuniones de expertos consisten en talleres de trabajo, a los cuales se invita a personas con conocimientos sólidos en las diferentes áreas relacionadas con el proyecto (CAURA, 1988).

Materiales y Métodos

La metodología de identificación de los impactos ambientales y medidas de control ambiental de sistemas de riego y drenaje se podrá confeccionar de acuerdo con lo mencionado en materiales y método. Dicha metodología será aplicada para un estudio de caso en un sistema de riego y drenaje del Valle Cañete. Lima –Perú.

Materiales

- ✓ Información bibliográfica.
- ✓ Materiales de corte técnico, referido a la conservación de suelos y aguas, riego, drenaje, vialidad, ingeniería ambiental.
- ✓ Metodologías relacionadas a la identificación y evaluación los impactos ambientales en proyectos de inversión.
- ✓ Proyectos de inversión pública y privada en los sistemas de riego y drenaje.
- ✓ Ecología y medio ambiente de espacios intervenidos.

Método

Seguidamente se identifica secuencialmente los contenidos detallados para evaluar impactos ambientales en el sistema de riego y drenaje:

- La fase de ocurrencia del impacto ambiental será: construcción u operación.
- Las actividades en la fase de construcción: obras preliminares, obras de captación, obras de conducción, obras de distribución, obras de sistema de drenaje, obras de arte en sistemas de riego y drenaje, nivelación de tierras de riego, red vial y de comunicaciones y obras auxiliares.
- Las actividades en la fase de operación: captación, conducción, distribución, aplicación, evacuación y labores de cosecha y posterior.
- Los factores ambientales: clima, atmosfera y ruidos, geomorfología, hidrología superficial, geología, hidrogeología, edafología, vegetación y fauna.



- Identificación de veinte tres (23) impactos ambientales en sistema de riego y drenaje.
- El factor ambiental de ocurrencia agua, suelo, atmosfera, flora, fauna e infraestructura dañada.
- Medidas alternativas preventivas, mitigación y corrección en la fase de construcción u operación de cada impacto ambiental.

Estudio de Caso

La metodología para evaluar impactos ambientales en sistemas de riego y drenaje se aplicó en el sistema de riego y drenaje del valle de Cañete, Lima – Perú. La secuencia es la siguiente:

- **Descripción del ambiente:** En esta etapa se realiza la descripción de los factores ambientales que interactúan con las actividades de operación y mantenimiento del sistema de riego y drenaje del valle de Cañete.
- **Descripción del sistema de riego y drenaje:** En esta sección se realiza una breve descripción del sistema de riego y drenaje del valle de Cañete.
- **Identificación de impactos ambientales:** Los Impactos ambientales se identificaron en el sistema de riego y drenaje del valle de la lista de 23 impactos ambientales según la metodología.
- **Evaluación de impacto ambiental:** La técnica empleada en la evaluación de impacto ambiental es de acuerdo con la metodología planteada donde se considera la fase de construcción u operación y las actividades (acciones) y el medio de ocurrencia
- **Medidas ambientales:** Se propuso medidas de control ambiental para la prevención, mitigación o corrección de los impactos ambientales negativos identificados del sistema de riego y drenaje del valle de Cañete.

Resultados y Discusión

Los resultados obtenidos del análisis de la información recopilada para evaluar impactos ambientales en sistemas de riego y drenaje son los siguientes:

Fases de Construcción y Operación

A. Fase de construcción

Se identificaron cinco (07) acciones de construcción durante la construcción del sistema de riego y drenaje.

Obras preliminares: Se contemplan acciones secuenciales con repercusiones



ambientales, como son la deforestación, el despeje y la limpieza (Montilla, 1972).

Obras de Captación: La captación de las aguas para el funcionamiento del sistema de riego puede hacerse por construcción de presas de embalse, obras de derivación (directa y bocatoma) y plantas de bombeo (Guevara, 1989. Grassi, 1991).

Obras de Conducción y Distribución: Se hace por medio de canales o tuberías siendo lo más usual el primer procedimiento, su construcción puede ser excavados en tierra y revestido (Novelo, 1971). Estas obras están constituidas por canales principales, secundarios, terciarios y estructuras de control.

Obras del sistema de drenaje: Se diferencian los drenes naturales y artificiales. Los naturales se refieren al acondicionamiento de las quebradas naturales y el artificial a la construcción de los drenes abiertos (canales en tierra), subterráneos (tuberías) y casetas de bombeo (Guevara, 1989).

Obras de arte en sistemas de riego y drenaje: Permiten dividir, repartir, regular, controlar, derivar, proteger los canales y las estructuras. Algunas obras de arte son los desarenadores, aliviaderos, tomas, aforadores, estructuras de cruce, caídas, descargas, partidores y repartidores (Milligan, 1970. Grassi, 1991).

Nivelación de Tierras para riego: Tiene como fin controlar la aplicación del flujo de agua y permitir su almacenamiento uniforme en el suelo y facilitar su evacuación. Existen dos labores previas a la nivelación de tierras: la preparación de tierras y la ejecución de movimiento de tierras (Grassi, 1991. Montilla, 1972).

Obras anexas y red vial: Sirven para la comunicación y transporte de las cosechas. El trazado y construcción se ajusta a los requerimientos del transporte y al movimiento de vehículos y maquinaria. Las obras anexas y auxiliares se refieren a las viviendas, los campamentos, los edificios de administración, las viviendas de los operadores de embalse y canaleros, estaciones hidrométricas y meteorológicas, pool de maquinarias agrícolas, almacenamientos de las cosechas (silos) y las agroindustrias (Grassi, 1991, Palacios 1979).

B. Fase de operación

Se identificaron cinco (05) acciones de operación durante el funcionamiento del sistema de riego y drenaje.

Operación de captación: Es la operación (regulación) de las tomas de embalse, tomas de derivación y obras anexas y la extracción de aguas subterráneas. En fase es recomendable controlar la calidad de agua (si es para consumo humano, ganadero o para complementar el sistema de riego) (Silva, 1972. Guevara 1989).

Operación de conducción y distribución: Está a cargo de un "tomero" y "canalero", el primero esta precavido de los eventos (crecidas) inesperados, el segundo de los canales



de conducción y las estructuras hidráulicas como son las operaciones de cierre, apertura, regulación; y recibir las solicitudes de entrega de agua para los predios (Milligan, 1973).

Aplicación: El agua en el predio tiene como fin regular la humedad del suelo y elevar la eficiencia de aplicación a través del riego por superficie y aéreo. En el riego por superficie se emplean los métodos por surcos, melgas y pozas. En el riego aéreo el agua cae sobre el suelo en forma de lluvia con eficiencias de aplicación altas, los tipos de riego son por aspersión y goteo, la operación está a cargo de personal especializado, los mecanismos de operación de estos sistemas están computarizados (Grassi, 1987. Guevara, 1989)

Evacuación: La operación del sistema de drenaje consiste en variar los niveles freáticos en función de la profundidad de las raíces. La evacuación se realiza por gravedad, como es el caso del drenaje superficial y subterráneo, la buena operación depende del diseño, construcción y mantenimiento del sistema. En las áreas donde el drenaje por gravedad es dificultoso se realiza el drenaje por bombeo (Grassi, 1991).

Operación de mecanización agrícola: Tiene por finalidad movilizar diferentes tipos de maquinarias agrícolas para realizar labores de preparación de tierras, siembra, cosecha y labores culturales dentro de esta actividad se encuentran la aplicación de agroquímicos de forma manual, mecánica o aérea (Shell, 1968).

Factores Ambientales

Se identificaron siete (07) factores ambientales durante la construcción y operación del sistema de riego y drenaje.

Clima: Se incluyen las características climatológicas relevantes de la zona, así como aquellos parámetros meteorológicos representativos y útiles para la evaluación de las posibles incidencias ambientales (MOPU, 1989).

Atmósfera: La contaminación de la atmósfera por la aplicación de los agroquímicos con avionetas, tractores agrícolas y vehículos pesados (polvo) producen efectos negativos sobre la salud humana, vegetación, suelos y agua (Oosterman, 1988). Los ruidos son provocados en la construcción y operación del sistema de riego, son emitidos en la operación de las fábricas agroindustriales, casetas de bombeo, maquinarias pesadas y mecanización agrícola (Eichler, 1972. Heinrich, 1966).

Geomorfología: Es un elemento muy complejo que agrupa diversos aspectos del medio como la superficie terrestre, y su posible relación con otros procesos (IRLI I, 1977).

Hidrología superficial y subterránea: La variación del caudal de los ríos y los drenes naturales; el uso de agroquímicos y las aguas de mala calidad afectan la flora, fauna y la hidrología superficial del área de riego. Las aguas subterráneas pueden sufrir alteración bien por la adición de aguas contaminadas o por la sobreexplotación de estos (MOPU, 1989).



Edafología: Los suelos de las áreas de riego evidencian una calidad agrológica alta, el cual indica un alto valor ecológico y económico. La aplicación del riego, agroquímicos y el uso de la mecanización agrícola traen consigo una pérdida significativa de las propiedades de los suelos (MOPU, 1989).

Vegetación: La vegetación se refiere a los diferentes tipos de vegetales presentes en un área de riego y es considerado como elemento de importancia entre los componentes del medio natural (paisaje, especies raras o endémicas).

Fauna: Las construcciones de la infraestructura crearan barreras que impidan la migración natural de la fauna terrestre (mamíferos y aves). Las variaciones de los caudales crean efectos sobre la fauna acuática y la avifauna (Long, 1974. Citado por CIDIAT, 1992).

Impactos ambientales y medidas de control

Resultado de un proceso metodológico se identificaron 23 impactos ambientales durante las fases de construcción y operación de sistemas de riego y drenaje, además se identificaron las acciones humanas, el medio de ocurrencia y las medidas de control, de cada impacto ambiental (cuadro 1).

Estudio de Caso.

El sistema de riego y drenaje del Valle Cañete está localizado en la costa sur de la ciudad de Lima a 144.5 Km. departamento de Lima y Provincia de Cañete. Ocupa un área total de 32,000 ha aprox.

El área de influencia determinado abarca los predios agrícolas de las juntas de usuarios del subdistrito de riego Cañete que comprenden las comisiones de regantes de nuevo Imperial, Viejo Imperial, San Miguel, María Angola, Pachacamilla, Huanca y Palo Herbay, correspondiente a siete distritos de la provincia de Cañete.

El área en estudio, administrativamente, en materia de agua, está bajo la gestión de la Administración Local de Agua (ALA) Mala - Omas - Cañete

Medio Físico

Clima: El Valle Cañete es templado, temperatura media anual máxima y mínima de 24,2°C y 16, 4°C. respectivamente. La precipitación media anual 17,5 mm, la humedad relativa media anual es 82%. La velocidad del viento máximo es de 2.9 m/s, diciembre a marzo y mínimos, de 2.0 m/s, dirección de SW.

Hídrico: El río Cañete presenta un caudal promedio anual de 50.36 m³/s siendo los valores máximos y mínimos de 98.92 m³/s y 22.55 m³/s respectivamente.



Suelo: Es semiárido, arenoso limoso, en algunas partes contiene 57% de arena, 36% de limo y 7% de arcilla y en otras partes 13% de arena, 84% de limo y 3% de arcilla.

Medio Biótico

Vegetación: Es porte pequeño, la mayoría es el pájaro bobo y carrizo. Además de la vegetación natural de la zona. Los cultivos predominantes son de maíz, camote, fresa y algodón.

Fauna: Son tres grupos de fauna: aves, mamíferos menores y reptiles “gallinazo de cabeza negra”, “Lechuza de los arenales” “Picaflor de Fanny”. Especies introducidas de roedores, la “rata” *Rattus rattus* y el “ratón” *Mus musculus*, otros el “zorro costeño” “zorrillo”. Reptiles “lagartija de gramadales” y “culebra de costa”.

Medio Socioeconómico – Cultural

Se estima una población de 138,893 habitantes.

La salud: Son 23 centros, puestos de salud y el hospital Rézala. Las enfermedades de mayor frecuencia son las infecciones respiratorias agudas (IRAS) y las enfermedades diarreicas agudas (EDAS) debido a las inadecuadas prácticas de sanidad de la población.

Educación: Se encuentran 441 locales educativos y 05 universidades.

Actividades Económicas: Se realiza en la zona de impacto directo es la agricultura, complementada con el comercio en pequeña escala.

Arqueología: Entre los principales restos arqueológicos tenemos: Fortaleza de Ungará, Camino Incaico y Cerro de Oro.

Sistemas de Riego y drenaje

Capta las aguas del río Cañete se realiza mediante cuatro (04) bocatomas y tres (03) tomas pequeñas y rústicas. Estas bocatomas dan origen a cinco (05) canales de derivación en su mayor parte sin revestir, cuya longitud total es de 120,91 kilómetros. Los usuarios del sistema de riego del valle de Cañete se han organizado en siete (07) comisiones de regantes, con un área bajo riego de 22,519.36 ha.

En el Valle Cañete, especialmente en las zonas de Imperial y San Vicente, se tiene drenes abiertos y enterrados, que comprenden a los drenes colectores, principales, secundarios y parcelarios. Estos drenes permiten la evacuación de los excedentes de riego y de las filtraciones de las partes altas adyacentes, están complementados por un



conjunto de estructuras y obras de arte, tales como buzones, caídas, alcantarillas, acueductos, desagües.

Impactos ambientales y medidas de control

Se identificó cuatro (04) impactos ambientales en el sistema de riego y drenaje del Valle de Cañete, aplicando la lista de los 23 impactos ambientales (Cuadro 01). En el cuadro 2 se aprecian la fase, la acción humana, medio ocurrencia y las medidas de control.

Cuadro 1. Lista de 23 impactos ambientales en sistemas de riego y drenaje.

Impacto	Fase	Acciones humanas	Medio	Medidas de control
1. Erosión	Operación y Construcción	<ul style="list-style-type: none"> - Deforestación (ampliación frontera agrícola). - Eliminación defensa del río. - Excavación del lecho del río. - Acondicionamiento y extracción de materiales de cantera. - Operación de caudales canales de tierra - Evacuación de drenaje superficial. - Aplicación aspersión - Construcción de carreteras y terraplenes. - Construcción de obras de captación, conducción, distribución, obras de arte y drenaje. - Movimientos de tierras. 	<ul style="list-style-type: none"> - Suelo - Agua (Calidad) - Canales - Drenes - Obras de arte. 	<ul style="list-style-type: none"> - Revegetar áreas críticas desforestadas o desnudas contra efectos de lluvias. - Organizar movimientos de maquinarias c/n - Evitar la formación de regueros - Construcción de canales y drenes (no erosivos, pendiente). - Revestimiento de canales de riego. - Operación del sistema de riego, según topográficas del terreno (melgas, surcos y c/n) - Respetar los drenajes naturales. - En carreteras: suavizar la pendiente de los terraplenes y taludes; impermeabilizar o reforestar los taludes. - Proteger cauces de ríos. - Construir desarenadores - Nivelación de tierras bajo riego. - Operar y limpiar los canales drenes y obras de arte. - Control de la erosión eólica: <ul style="list-style-type: none"> . Surcos con camellones en un rango de altura entre 5 y 10cm. . Cobertura vegetal como medio de control, siembra de árboles (álamos).
2. Salinización	Operación	<ul style="list-style-type: none"> - Aplicación aguas (riego). <ul style="list-style-type: none"> . Superficiales . Subterráneas - Operación de abonado 	<ul style="list-style-type: none"> - Suelo - Cultivos - Ecosistemas acuáticos. - Paisajes 	<ul style="list-style-type: none"> - Riego más frecuente. - Selección de cultivos. - Lixiviación de sales de los suelos. - Cambios de métodos de riego (aspersión y goteo). - Cambios de la fuente de aguas y mezclas. - Nivelación de tierras. - Modificación del perfil del suelo. - Drenaje.
3. Sodificación	Operación	<ul style="list-style-type: none"> - Aplicación aguas (riego). <ul style="list-style-type: none"> . Superficiales . Subterráneas 	<ul style="list-style-type: none"> - Suelo - Agua - Cultivos 	<ul style="list-style-type: none"> - Aplicación de enmiendas. - Labores mecánicas. - Cultivos tolerantes. - Mezcla de agua
4. Toxicidad	Operación	<ul style="list-style-type: none"> - Aplicación de aguas de riego - Riego por aspersión 	<ul style="list-style-type: none"> - Suelos - Agua - Cultivos - Seres humanos 	<ul style="list-style-type: none"> - Control de riego por superficie: - Selección de fuente de agua para el riego. <ul style="list-style-type: none"> - Lixiviación. - Selección de cultivos tolerantes. - Prácticas de cultivos. - Mezcla de aguas. - En riego por aspersión: <ul style="list-style-type: none"> - Riegos nocturnos - Riego en períodos de viento fuerte. - Rotación de aspersores



Impacto	Fase	Acciones humanas	Medio	Medidas de control
				<ul style="list-style-type: none"> - Intensidad de aplicación. - Cambio de métodos de riego.
5. Reducción velocidad de infiltración	Operación	- Riego superficial	<ul style="list-style-type: none"> - Suelo - Cultivos 	Mejora características de los suelos <ul style="list-style-type: none"> - Químicos – enmiendas: aplicación de yeso - Mezcla de Aguas. Calidad - Mecánicos (Labranza, Residuos orgánicos) - Otros: frecuencia de riegos, riegos de presiembra, duración de riegos, cambios de sistema de riegos.
6. Variación del crecimiento de los cultivos (Nitrógeno)	Operación	- Aplicación de agua Riego.	<ul style="list-style-type: none"> - Cultivos - Ecosistema Acuático - Canales en tierra - Drenes 	<ul style="list-style-type: none"> - Controlar su contenido periódicamente de Nitrógeno, aguas drenaje. - Control mecánico y/o químico. - Seguimiento y control contenidos de nitrógeno, evitar eutrofización de lagos y lagunas. - Mantenimiento contra malezas de canales en tierra y drenaje
7. Corrosión e incrustaciones en el sistema de riego	Operación	<ul style="list-style-type: none"> - Aplicación por aspersión y goteo. - Operación de conducción y distribución en canales revestidos. 	<ul style="list-style-type: none"> - Canales revestidos (hormigón). - Obras de arte de canales y drenes - Tuberías - Sistema de riego aspersión y localizado. - Sistema de bombeo. 	<ul style="list-style-type: none"> - Control de la calidad de agua para sistemas de riego por goteo y aspersión. - Instalación de sistemas de tuberías de PVC en canales de conducción y distribución. - Mantenimiento continuo de sistemas de riego, canales revestidos, goteo y aspersión. - Selección de equipos de riego goteo aspersión. - Rejillas de plástico.
8. Alteración de propiedades físicas de suelos	Construcción Operación	<ul style="list-style-type: none"> - Mecanización agrícola - Nivelación de tierra - Derrame de lubricantes productos petroquímicos 	<ul style="list-style-type: none"> - Suelo - Cultivos 	<ul style="list-style-type: none"> - Aplicar labranza conservacionista. - Rotación de cultivos. - Evitar incremento de la mecanización agrícola - Evitar derrame de hidrocarburos, uso de bandejas - Descontaminación de suelos - Colocado de losas e impermeables para maquinarias.
9. Obstrucciones en los sistemas de riego localizado.	Operación	<ul style="list-style-type: none"> - Aplicación por goteo - Aplicación de micro aspersión. 	- Sistema localizado	<ul style="list-style-type: none"> - Análisis de aguas - Instalación de filtros. - Instalación de emisores autolavables
10. Pérdida de suelos fértiles	Construcción Operación	<ul style="list-style-type: none"> - Movimiento de tierras - Nivelación de tierras - Maquinarias agrícolas - Maquinaria construcción 	<ul style="list-style-type: none"> - Suelo - Cultivos 	<ul style="list-style-type: none"> - Conservación de la capacidad de uso de suelos. - Siembra en contorno c/n - Labranza mínima y rotación de cultivos. - Descontaminación de suelos - Colocado de losas e impermeables para maquinarias
11. Restos arqueológicos, paleontológica culturales.	Construcción	<ul style="list-style-type: none"> - Construcción de canales y drenes - Construcción de vías de servicio - Desarrollo físico en áreas de riego. 	<ul style="list-style-type: none"> - Social - Valores Culturales. - Turismo 	<ul style="list-style-type: none"> - Diseño y construcción de canales y drenes con el fin de no alterar las obras de interés y/o preservación. - Excavación para el salvamento de material Arqueológico.



Impacto	Fase	Acciones humanas	Medio	Medidas de control
		<ul style="list-style-type: none"> - Extracción de materiales (canteras). - Construcción de vivienda y campamentos. 		<ul style="list-style-type: none"> - Coordinar con Ministerio de Cultura. - Realización de estudios de prospección arqueológica.
12. Asentamiento de suelos	Construcción Operación	<ul style="list-style-type: none"> - Conformación de suelos - Extracción de aguas subterráneas 	<ul style="list-style-type: none"> - Suelo - Obras hidráulicas 	<ul style="list-style-type: none"> - Evitar la sobreexplotación de pozos. - Control de compactación de suelos en la construcción.
13. Contaminación de suelos agroquímicos, hidrocarburos	Construcción Operación	<ul style="list-style-type: none"> - Durante la aplicación de Agroquímicos (aéreo, mecánico, manual). - Construcción de tomas canales y drenes. - Acumulación de residuos sólidos y líquidos. - Arrojo Residuos Solidos 	<ul style="list-style-type: none"> - Suelo. - Agua superficial - Agua subterránea - Fauna acuática. - Fauna terrestre - Vegetación. 	<ul style="list-style-type: none"> - Dosis adecuada de agroquímicos en los campos de cultivo. - Evitar derrame de hidrocarburos, uso de bandejas - Colocado de losas e impermeables para maquinarias y residuos peligrosos - Descontaminación de suelos. - Traslado de Residuos peligrosos, con empresas autorizadas - Seguimiento y control calidad de suelos - Control municipal de los residuos sólidos y líquidos
14. Contaminación de aguas superficiales	Construcción y operación	<ul style="list-style-type: none"> - Aplicación de agua superficial (riego). - Drenaje superficial y subterráneo. - Evacuación de efluentes. - Construcción de obras hidráulicas, hidrocarburos - Durante la aplicación de Agroquímicos (aéreo, mecánico, manual). - Desviación de curso de Ríos construcción Obras. - Arrojo Residuos Solidos 	<ul style="list-style-type: none"> - Aguas - Fauna acuática. - Flora Acuática - Suelo. - Vegetación. - Población. 	<ul style="list-style-type: none"> - Tratamiento de aguas de drenaje agrícola - Tratamiento de aguas de viviendas y campamentos - Tratamiento de aguas y efluentes agroindustriales. - Operación en construcción por turbidez. - Control desechos líquidos y sólidos en acequias y ríos - Seguimiento y control calidad de agua. - Control municipal de los residuos sólidos y líquidos
15. Contaminación de aguas subterráneas	Construcción y Operación	<ul style="list-style-type: none"> - Operación y conducción y distribución de agua en canales de tierra - Aplicación superficial (riego). - Operación de abonado, control de plagas y enfermedades (aplicación mecánica, manual y aérea) - Operación de bombeo en acuíferos. - Construcción de obras hidráulicas, hidrocarburos. - Arrojo Residuos Solidos 	<ul style="list-style-type: none"> - Aguas subterráneas - Cultivos - Ecosistemas Acuáticos. - Población 	<ul style="list-style-type: none"> - Seguimiento y control calidad de agua subterránea. - Medidas contra compuestos nitrogenados. - Evitar sobreexplotación aguas subterráneas genera la intrusión de aguas marinas, - Impermeabilizar el suelo para no contaminar acuíferos por acumulación de agroquímicos, residuos peligrosos. - Construcción de sistemas de conducción y distribución con tuberías o canales revestidos. - Legislación para evitar sobreexplotación a subterránea - Control municipal de los residuos sólidos y líquidos
16. Alteración del ciclo hidrológico	Construcción y Operación	<ul style="list-style-type: none"> - Construcción de obras hidráulicas. - Captación de aguas. <ul style="list-style-type: none"> . Superficiales . Subterráneas - Operación de abonado, control de malezas e insectos. - Drenaje aguas superficiales. - Deforestación (ampliación frontera agrícola). 	<ul style="list-style-type: none"> - Suelos - Clima - Geomorfología - Vegetación - Fauna - Hidrología <ul style="list-style-type: none"> . Superficial . Subterránea 	<ul style="list-style-type: none"> - Adaptación del proyecto al medio natural. - Conservación del caudal ecológico. - Aplicación legislación hídrica control de calidad y cantidad aguas superficiales y subterráneas - No extraer caudales superiores a la recarga media anual del acuífero. - Recarga artificial de acuíferos (zanjas de infiltración). - Reforestación en zonas de captación de aguas. - Control municipal de los residuos sólidos y líquidos



Impacto	Fase	Acciones humanas	Medio	Medidas de control
17. Anegamiento	Operación	<ul style="list-style-type: none"> - Aplicación superficial (riego). - Operación de conducción y distribución de agua en canales sin revestir. 	<ul style="list-style-type: none"> - Suelo - Ecosistemas Acuáticos. - Paisaje, visual 	<ul style="list-style-type: none"> - Revestimiento de los canales principales (concreto o tuberías) - Recubrimiento de los canales secundario y terciario, y acequias de los predios (tuberías) - Sistemas de riego goteo, aspersión. - Optimizar caudales necesarios en las parcelas de Riego, elevar eficiencia riego (aplicación, conducción) - Evacuación de excedentes sin sobrecargar el sistema de drenaje. <ul style="list-style-type: none"> - Drenaje con sistemas de bombeo. - Selección de cultivos tolerantes al anegamiento - Formación de humedales zonas naturales.
18. Disminución de la eficiencia de riego del proyecto	Operación	<ul style="list-style-type: none"> - Operación del agua en: <ul style="list-style-type: none"> . captación . conducción . distribución . aplicación 	<ul style="list-style-type: none"> - Suelo - Agua - Ecosistemas acuáticos 	<ul style="list-style-type: none"> - Revestimiento de canales. - Uso de tuberías conducción - Incorporación riego goteo, aspersión - Operación y mantenimiento (tomas) en sistema de riego. - Nivelación de tierras para el riego. Elevar Ef. aplicación - Control municipal de los residuos sólidos y líquidos
19. Salud Pública	Construcción y Operación	<ul style="list-style-type: none"> - Construcción de obras Hidráulicas - Uso de explosivos. - Condiciones climáticas - Durante la operación de: (conducción, distribución y aplicación). - Durante la aplicación de Agroquímicos (aéreo, mecánico, manual) 	<ul style="list-style-type: none"> - Agua. - Enfermedades Hídricas - Trabajadores - Población 	<ul style="list-style-type: none"> - Tópicos, ambulancias campamento. Médico, enfermeras - Capacitación, inducción en emergencias y primeros auxilios durante la construcción y operación. - Uso de protectores contra rayos solares. - Uso de equipos de protección personal (EPP) - Medidas contra enfermedades hídricas y consideraciones <ul style="list-style-type: none"> - Medidas protocolares COVID-19 - Medidas en almacenamiento, aplicación y transporte de agroquímicos. - Medidas contra incendios naturales o provocados. - Medidas almacenamiento y transporte de Explosivos - Medidas residuos altamente peligrosos-hidrocarburos.
20. Aumento de niveles de ruido	Construcción y operación	<ul style="list-style-type: none"> - Tránsito de volquetes, maquinarias, vehículos - Operación de agroindustria motores - Mecanización agrícola. - Operación de bombeo. 	<ul style="list-style-type: none"> - Atmósfera - Ser Humano - Fauna terrestre - Aves 	<ul style="list-style-type: none"> - Energías limpias (solar, eólica), motores eléctricos - Mantenimiento de maquinarias y vehículos - Limitaciones de velocidad de vehículos <ul style="list-style-type: none"> - Barreras acústicas, arborización - Coordinar con centros poblados días ejecución obras - Seguimiento y control de ruidos, sistemas de control
21. Alteración de la calidad del aire	Construcción y operación	<ul style="list-style-type: none"> - Tránsito de volquetes, maquinarias, vehículos - Aplicación de agroquímicos (aéreo, mecánico, manual) - Mecanización agrícola 	<ul style="list-style-type: none"> - Atmósfera - Ser Humano - Fauna terrestre - Aves 	<ul style="list-style-type: none"> - Aplicación de agroquímicos según patrón climatológico <ul style="list-style-type: none"> - Legislación ambiental. - Reducción de arena miento de canales. arborización - Riego constante durante la construcción obras hidráulicas y carreteras. - Seguimiento y control de gases, material particulado (PM10, PM 2.5)



Impacto	Fase	Acciones humanas	Medio	Medidas de control
22.Alteración del clima	Construcción Operación	- Tránsito de volquetes, maquinarias, vehículos (CO ₂) - Mecanización agrícola - Agroindustria chimenea. - Aplicación de Agroquímicos (aérea, mecánico, manual)	- Clima - Flora terrestre - Fauna acuática - Ser Humano	- Reforestación en zonas de laderas (bono carbono) - Tratamiento de aguas de drenaje y reúso. - Reducir la deforestación (evitar tala de árboles) - Conservación de suelos (reforestación, zanjas de infiltración). - Aplicación legislación del Cambio climático. Ley 30754
23.Alteración del ecosistema	Construcción y operación	- Obras preliminares - Obras de captación - Obras de conducción y distribución. - Sistemas de riego por aspersión y microaspersión - Obras de sistemas de drenaje. - Nivelación de tierras. - Construcción del sistema de riego (predio). - Red vial y comunicación - Vivienda y campamento - Agroindustrias - Aplicación de Agroquímicos (aérea, mecánico, manual)	- Vegetación - Flora terrestre - Fauna acuática - Aves - Ser Humano	- Reforestación en zonas de captación de los recursos hídricos. (microcuencas, subcuencas). - Remediación zonas intervenidas- Tomas, canales, drenes - Consideraciones ecológicas en trazado, construcción de tomas, canales y drenes. - Drenes, considerar cauces naturales. - Caudal ecológico, protección flora y fauna ribereña - Revegetación de taludes en canales drenes, canteras - Construir miradores en áreas de riego para apreciar impactos visuales, - Recuperación de canteras, múltiples usos (lagos, estadios) - Recuperación e integración en el medio circundante (humedales, áreas de alta biodiversidad) - Puentes verdes y túneles de paso para fauna terrestre - Protección de áreas naturales protegidas (ANP) - Escaleras salida de animales caen canal o dren - Paso de especies hidrobiológicas en tomas de ríos.

Fuente: Guillermo Vilchez, 2022.

De los impactos ambientales identificados en el sistema de riego y drenaje del Valle de Cañete:

- ✓ 2. Salinización de suelos
- ✓ 13. Contaminación de suelos por agroquímicos.
- ✓ 14. Contaminación de aguas superficiales.
- ✓ 18. Disminución de la eficiencia de riego.

Discusión

- Los impactos ambientales en sistemas de riego y drenaje identificados por la metodología planteada son veintitrés (23) de los cuales nueve (9) corresponden a la fase de operación, trece (13) a la fase de construcción y operación, y uno (01) a la fase de construcción.
- Los impactos ambientales seleccionados tienen mayor incidencia sobre los factores ambientales suelo, agua, cultivo e infraestructura de riego y drenaje.



- Del total (23) impactos ambientales en sistemas de riego y drenaje, veinte uno (21) son reversibles y (02) irreversibles (destrucción del patrimonio cultural y alteración del ciclo hidrológico por deforestación y sobre explotación de aguas subterráneas), la mayoría de los impactos son a largo plazo.
- Las acciones humanas presentan una descripción físico-técnica en la fase de construcción y operación de sistemas de riego y drenaje, cuyo fin es detectar el impacto ambiental que actúa sobre los factores ambientales físico y biótico.

Cuadro 2. Impactos ambientales en sistemas de riego y drenaje del Valle de Cañete.

Impacto	Fase	Acciones humanas	Medio	Medidas de control
2.Salinización	Operación	Aplicación aguas (riego).	- Suelo - Cultivos - Ecosistemas acuáticos. - Paisajes	- Lixiviar las sales lavando periódicamente los suelos. - Instalar y mantener un sistema adecuado de drenaje. - Utilizar canales revestidos o tubería para prevenir las fugas. - Cultivar las plantas que toleran la salinidad.
13. Contaminación de suelos agroquímicos.	Operación	Durante la aplicación de Plaguicidas y fertilizantes mecánico y manual.	- Suelo. - Agua superficial - - Agua subterránea - Fauna acuática. - Fauna terrestre - Vegetación.	- Promover el uso de abonos orgánicos, capacitándolos - - Implementar programa y educación ambiental con la junta de usuarios. - Mejorar el control en la comercialización de plaguicidas y fertilizantes fiscalizar el uso de pesticidas prohibidos.
14.Contaminación de aguas superficiales	Operación	- Evacuación de efluentes municipales en obras - Arrojo de Residuos sólidos en canales de conducción	- Agua superficial - - Agua subterránea - Fauna acuática. - Flora Acuática - Suelo. - Vegetación. - Población.	- Establecer un sistema de control de los vertimientos domésticos e industriales. - Educación ambiental en contaminación ambiental. - Fiscalizar cumplimiento Ley de residuos sólidos - Disposición de un relleno sanitario municipal. Vigilar los actuales botaderos. - Realizar brigadas de limpieza en los canales
18.Disminución de la eficiencia de riego del proyecto	Operación	Operación del agua en: . captación . conducción . distribución . aplicación	- Agua superficial - - Agua subterránea - Suelo - Ecosistemas Acuático	- Capacitación en aplicación del agua de riego. - Canales revestidos o tubería para prevenir las fugas - Mejorar métodos de riego para aumentar eficiencia. - La limpieza de canales y drenes. - Mejorar las estructuras de control para reducir la sedimentación de los canales y drenes - Modernizar el sistema de administración de los derechos de agua verificar disponibilidad y de la demanda agua - Desarrollo de Sistema de Información Geográfica (SIG) incluya propiedad de las tierras y los derechos agua.

Fuente: Guillermo Vílchez, 2022.



- Los factores ambientales (físico, biótico) son considerados como receptores de las acciones humana y naturales y donde se inician los impactos ambientales primarios. Estos factores no presentan entre ellos duplicidad.
- Las medidas de control de la lista de impactos ambientales (23) en sistemas de riego y drenaje sirven para que el usuario o lector pueda seleccionar el impacto ambiental y plantear las medidas alternativas que considere necesarias según un estudio de caso de cualquier sistema de riego y drenaje a ser evaluado ambientalmente.
- La metodología de lista de los 23 impactos ambientales (cuadro 1) en sistemas de riego y drenaje, es versátil. En el estudio de caso, se aplicó al sistema de riego y drenaje del Valle de Cañete, se identificaron cuatro (4) impactos ambientales: 1. salinización de suelos, 2. contaminación de suelos por agroquímicos, 3. contaminación de aguas superficiales y 4. disminución de la eficiencia de riego. En el cuadro 2, se detalla la fase de operación de ocurrencia del impacto, la acción humana que ocasiono el impacto, el medio afectado por la acción humana y las medidas correctivas para cada impacto ambiental identificado.

Conclusiones

- La metodología desarrollada de identificación y evaluación de impactos ambientales en sistemas de riego y drenaje define una serie de pasos que se deben seguir. Un profesional de las ciencias agraria e ingeniería puede aplicarlo a sistemas de riego y drenaje.
- En el cuadro 1, se da una lista de veintitrés (23) impactos ambientales en sistemas de riego y drenaje, se detallan columnas donde se denotan la fase de operación o construcción de ocurrencia del impacto, la acción humana que ocasiono el impacto, el medio afectado por la acción humana y las medidas correctivas de cada impacto ambiental.
- Los impactos ambientales en sistemas de riego y drenaje identificados por la metodología desarrollada son veintitrés (23) de los cuales nueve (9) corresponden a la fase de operación, uno (01) a la fase de construcción y trece (13) a la vez en la fase de construcción y operación.
- Las acciones antrópicas en la fase de construcción de sistemas de riego y drenaje son siete (07) y en operación son cinco (05), los factores ambientales son seis (06)
- Las acciones antrópicas durante la fase de construcción y operación de sistemas de riego y drenaje incidirán sobre los factores ambientales. La acción antrópica en la fase de operación incidirá en la infraestructura de riego y drenaje.
- Del total (23) impactos ambientales en sistemas de riego y drenaje, veinte uno (21) son reversibles y (02) irreversibles (destrucción del patrimonio cultural y alteración del ciclo hidrológico por deforestación y sobre explotación de aguas subterráneas), la mayoría de los impactos son a largo plazo.
- En lista de impactos ambientales (23) en sistemas de riego y drenaje, se plantean medidas de control con varias alternativas o medidas; estos a la vez se adaptan a casos reales de proyectos de irrigación a ser evaluados.



- Se aplicó la metodología al caso de sistema de riego y drenaje del Valle de Cañete, se identificaron 04 impactos ambientales: 1. salinización de suelos, 2. contaminación de suelos por agroquímicos, 3. contaminación de aguas superficiales y 4. disminución de la eficiencia de riego con sus medidas correctivas.
- La metodología de identificación y evaluación de impactos ambientales en sistemas de riego y drenaje es inter y multidisciplinario, requiere de la participación de ingenieros, geólogos, edafólogos, biólogos, arqueólogos, sociólogos y otros para un mejor análisis de las acciones humanas, los factores ambientales, la evaluación de los impactos ambientales y las medidas alternativas de control.

Referencias Bibliográficas

A.W. Hall - T.C. Dougherty, 1995. Environmental Impact Assessment of Irrigation and Drainage Projects. FAO Irrigation and Drainage Paper. 53.

ANA (Autoridad Nacional de Agua), 2010. Recursos Hídricos en el Perú, Dirección de Conservación y Planeamiento de los Recursos Hídricos, Perú.

Astorga, J. 1973. Funcionamiento de sistemas de riego. Maracay: Facultad de Agronomía, Departamento de Ingeniería Agrícola, UCV.

Brown, Ian 2005, Environmental, Economic and Social Impacts of Irrigation in the Mackenzie Basin, Ministry for the Environment, Wellington, New Zealand.

CAURA INGENIEROS CONSULTORES, C.A. 1988. Texto de apoyo del taller: la importancia de los estudios de impacto ambiental en IPPN. Caracas: Venezuela.

Cabeza, M. 1987. Manual de evaluación de impactos ambientales en proyectos hidráulicos (Borrador preliminar). Mérida: CIDIAT - OEA.

Buroz, E. 1974. Consideraciones sobre la planificación de proyectos y su relación con la experiencia venezolana. Caracas: COPLANARH.

CIDIAT, OEA. 1992. Seminario de evaluación económica, social y ambiental de proyectos. Mérida: Venezuela

DIGESA (Dirección General de Salud Ambiental) ,2010.Consolidado de la Evaluación y Monitoreo del Rio Cañete 2005-2009.

Duek, J. 1980. Métodos de evaluación de impactos ambientales incluyendo programas computacionales. Mérida: CIDIAT.

Palacio, E. 1971. Manual de operación de distrito de riego en México. Chapingo: ENA.

Gómez O.D. 1988. Evaluación de impacto ambiental. Ciudad y Territorio. Vol. 1, 75.



Madrid: CIFCA.

MINAG-OGPA (Ministerio de Agricultura, Oficina General de Planificación Agraria), 2003. Guía metodológica para la identificación, formulación y evaluación de proyectos de infraestructura de riego menor, Lima, Perú.

MOPU. 1989. Guías metodológicas para la elaboración de estudios de impacto ambiental. Grandes Presas 2. Madrid: Ministerio de Obras Públicas.

Guevara, E. 1989. Ingeniería de riego y drenaje. Valencia: Universidad de Carabobo. Venezuela.