

UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO

FACULTAD DE INGENIERÍA

P.A.P. DE INGENIERÍA AMBIENTAL



**IDENTIFICACIÓN DE NITRATOS COMO CONTAMINANTE EN
AGUAS EXCEDENTES DE RIEGO EN EL CULTIVO DE MAÍZ
(*Zea mays*), MARABAMBA – PILLCO MARCA – HUÁNUCO,
2017.**

TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL

Para optar el título profesional de:

INGENIERO AMBIENTAL

GIELHIEL MASGO PRIMO

ASESORES:

Ing. GUSTAVO LEON TRUJILLO

Ing. LILIANA CELINA ANDAMAYO FLORES

Ing. MIGUEL ANGEL GUTIERREZ OJEDA

Ing. JOHNNY PRUDENCIO JACHA ROJAS

Huánuco – Perú

2017

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a mi madre Seida PRIMO SANTILLAN, que con su confianza, apoyo y motivación permitieron cumplir este logro.

A mi padre quien en vida fue Edwar MASGO MARTINEZ, porque sus consejos siempre estarán vivos en mí.

AGRADECIMIENTO

Al creador de la naturaleza, por estar siempre presente a lo largo de mi vida y por darme la oportunidad de estudiar en una prestigiosa universidad, la Facultad de Ingeniería, la que gracias a ella he podido conocer tanto amigos y brillantes personas que me dejaron bellas enseñanzas.

A los docentes por impartir sus conocimientos y experiencias a lo largo de mi desarrollo profesional, así como también a todas aquellas personas que me brindaron su tiempo y ayuda desinteresada en el desarrollo del trabajo.

INDICE DE ABREVIATURAS

NNC	: Nitrato Nitrito Carcinógeno
UE	: Unión Europea
°C	: Grados Celsius
NO ₃	: Nitratos.
ECA	: Estándar de Calidad Ambiental
LMP	: Límite Máximo Permisible
mg/L	: Miligramos por Litro.
MINAM	: Ministerio del Ambiente
ml	: Mililitro.
m.s.n.m	: Metros sobre el nivel del mar.
NMP	: Número más probable.
pH	: Potencial hidrógeno
SS	: Sólidos suspendidos
T°	: Temperatura
NOM	: Norma Oficial Mexicana
ECOL	: Ecología
LMP	: Límites Máximos Permisibles
NO ₂	: Nitrito
NO	: Monóxido de Nitrógeno
INEI	: Instituto Nacional de Estadística e Informática
FAO	: Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura
USDA	: Departamento de Agricultura de Estados Unidos
ANA	: Autoridad Nacional del Agua
GPS	: Sistema de Posicionamiento Global
UTM	: Sistema de Coordenadas Universal Transversal de Mercator
Ppm	: Partes por Millón
O ₂	: Oxígeno
DBO	: Demanda Biológica de Oxígeno
TSD	: Sólidos Totales Disueltos
N ₂	: Nitrógeno Molecular
NH ₄	: Amonio

INDICE

RESUMEN.....	8
SUMMARY	9
INTRODUCCION.....	10
CAITULO I.....	12
1.1. PLANTEAMINETO DEL PROBLEMA	12
1.2. FORMULACION DEL PROBLEMA.....	13
1.3. PROBLEMAS ESPECIFICOS.....	13
1.4. OBJETIVO GENERAL	14
1.5. OBJETIVOS ESPECIFICOS	14
1.6. JUSTIFICACION DE LA INVESTIGACION.....	14
1.7. LIMITACIONES DE LA INVESTIGACION.....	15
1.8. VIABILIDAD DE LA INVESTIGACION	16
CAPITULO II.....	17
REFERENCIA TEORICA.....	17
2.1. ANTECEDENTES	17
2.2. BASES TEORICAS	28
2.3. DEFINICIONES CONCEPTUALES.	69
2.4. HIPOTESIS	¡Error! Marcador no definido.
2.5. VARIABLES.....	75
2.5.1. Variable independiente.....	75
2.5.2. Variable dependiente	75
2.6. OPERACIONALIZACION DE VARIABLES	76
CAITULO III	77
METODOLOGIA DE LA INVESTIGACION	77
3.1. METODO Y DISEÑO DE INVESTIGACION	77
3.2. TIPO Y NIVEL DE INVESTIGACION	77
3.3. POBLACION Y MUESTRA	78
3.4. TECNICAS E INSTRUMENTOS DE INVESTIGACION	78
CAPÍTULO IV	87
RESULTADOS	87
4.1. PROCESAMIENTO DE DATOS	87
4.1.1. Resultados del análisis In situ de agua excedente de riego en el cultivo de maíz – Marabamba.....	87
4.1.2. Relación entre los ECA y los parámetros de campo.....	88
4.1.3. Cuadro de resumen de resultados	92
CAPITULO V	93
DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	93

5.1. CONTRASTACIÓN DE RESULTADOS	93
5.1.1. Nitratos en agua excedente de riego	93
5.1.2. Contrastación de resultados con otros estudios similares.	94
5.2. Contrastación de hipótesis de investigación	96
CONCLUSIONES	98
RECOMENDACIONES	99
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	100
ANEXOS	106
ANEXO N° 01 protocolo nacional para el monitoreo de la calidad de los recursos hidricos	106
ANEXO N° 02 panel fotográfico de la investigación	142
ANEXO N° 03 Ubicación de puntos de muestreo In situ	152
ANEXO N° 04 Registro de datos de campo	153

INDICE DE TABLAS

TABLA Nº 01 Toxicidad del Nitrato	38
TABLA Nº 02 ECAS categoria 04 conservacion del ambiente	55
TABLA Nº 03 Operacionalizacion de variables	76
TABLA Nº 04 Resultados de analisis In situ – nitratos	87
TABLA Nº 05 Resultados de analisis In situ – temperatura.....	88
TABLA Nº 06 Resumen de resultados	92
TABLA Nº 07 Promedio de concentracion de nitratos	95

INDICE DE GRAFICOS

Gráfico 01: Determinación de Temperatura	88
Gráfico 02: Identificacion de nitratos P X1	89
Gráfico 03: Identificación de nitratos p X2.....	90
Gráfico 04: Identificación de nitratos P X3	91

INDICE DE FOTOGRAFIAS

Fotografía Nº 01 Localización de áreas de cultivo	142
Fotografía Nº 02 Cultivo de maíz fertilizado con urea	142
Fotografía Nº 03 Indumentaria de campo	143
Fotografia Nº 04 Reconocimiento de áreas de cultivo.....	143
Fotografia Nº05 Reconocimiento de canal de riego para punto de muestreo en blanco.....	144
Fotografía Nº 06 Enjuague de vaso al inicio de toma de muestra en blanco .	144
Fotografía Nº 07 Introducción de lámina colorimétrica a la muestra blanca ...	145
Fotografía Nº 08 Espera de reacción de lamina colorimétrica	145
Fotografía Nº 09 Lectura de resultados de muestra en blanco.....	146
Fotografía Nº 10 Registro de resultados	146
Fotografía Nº 11 Identificación de riego por gravedad	147
Fotografía Nº 12 Toma de muestra de excedente de riego	147
Fotografía Nº 13 Esperamos la sedimentación de solidos suspendidos por 5 min.....	14848
Fotografía Nº 14 Introducción de la tira reactiva a la muestra de agua excedente de riego	148
Fotografía Nº 15 Esperamos la reacción de la tira.....	149
Fotografía Nº 16 Lectura de resultados en tira reactiva	149
Fotografia Nº 17 Registro de datos	150
Fotografia Nº 18 Indicaciones del producto test.....	150
Fotografia Nº 19 Valores de lectura del test.....	151

RESUMEN

El presente es un estudio longitudinal y descriptivo realizado en 3 áreas de cultivo de maíz que se encuentran localizadas en Marabamba – Pillco Marca – Huánuco, el cual nos permitió demostrar las condiciones del agua excedente de riego, referente a su concentración de Nitratos y su contaminación.

Antes de desarrollar este trabajo de investigación, primero se visitaron las áreas de cultivo de Maíz de la localidad de Marabamba para observar las condiciones actuales con las que se desarrolla este cultivo y también identificar las unidades muestrales, encontrando diversidad de parcelas de maíz con sistemas de riego por gravedad que produce pérdida de agua y con ello el lavado de nutrientes del suelo. Con una segunda intervención se procedió a seleccionar las parcelas que nos servirían de unidades muestrales y a partir de la tercera visita de campo se procedió al recojo de muestras del agua excedente de riego, para analizarlas In-situ, así comprobar si las plantaciones de Maíz de Marabamba generan contaminación por Nitratos.

Durante el desarrollo de este estudio para identificar al nitrato en el agua excedente de riego. Se obtuvo como resultado que los nitratos si están presentes en el agua excedente de riego por gravedad, estos presentan concentraciones que sobrepasan los estándares de calidad ambiental en su categoría cuatro el cual corresponde a la conservación del ambiente acuático en donde se especifica al estándar una concentración de nitrato de 13 mg/L y los resultados obtenidos tuvieron un promedio de 20 mg/L, evidenciando con ello la contaminación con nitratos que proviene de los cultivos de maíz.

SUMMARY

The present is a longitudinal and descriptive study carried out in 3 areas of corn cultivation that are located in Marabamba - Pillco Marca - Huánuco, which allowed us to demonstrate the conditions of the surplus irrigation water, referring to its concentration of Nitrates and if these are or are not surface water contaminants.

Before developing this research work, we first visited the maize cultivation areas of the town of Marabamba to observe the current conditions with which this crop develops and also to identify the sampling units, finding diversity of corn plots in terms of its vegetative development and with irrigation systems by gravity that produce water loss and with it the washing of nutrients from the soil. With a second intervention we proceeded to select the plots that would serve as sample units and from the third field visit we proceeded to collect samples of surplus irrigation water, to analyze them In-situ, thus checking whether the corn plantations of Marabamaba generate contamination by Nitrates.

During the development of this study to identify nitrate in surplus irrigation water. It was obtained as a result that if nitrates are present in the surplus irrigation water by gravity in the corn crop, they present concentrations that exceed the environmental quality standards in category four, which corresponds to the conservation of the aquatic environment where it specifies to the standard a nitrate concentration of 13 mg / L and the results obtained in the investigation were 20 mg / L, evidencing with this the nitrate contamination that comes from corn crops.

INTRODUCCION

En la actualidad el uso de fertilizantes químicos como la Urea, y la descarga de aguas excedentes de riego por gravedad provocan contaminación afectando así a numerosos cuerpos de agua y sus ecosistemas acuáticos, dicha problemática se focaliza en las zonas rurales donde se desarrolla la agricultura.

La localidad de Marabamba no es ajena a esta problemática, ya que los cultivos de Maiz (*Zea mays*) utilizan fertilizantes sintéticos y mantienen el riego por gravedad desde antaño, con ello la contaminación por excedente de riego se ha venido acrecentando. Debido a este motivo se formula un problema general ¿Estarán presentes los nitratos como contaminante en aguas excedentes de riego en el cultivo de maíz (*zea mays*), Marabamba – Pillco Marca – Huánuco?.

Una manera conveniente para determinar la presencia del nitrato como contaminante es conocer la existencia o ausencia en el agua excedente de riego del cultivo de Maiz, teniendo como referente a los Estandares de Calidad Ambiental para Agua, entonces si es necesaria la investigación porque permitirá identificar al nitrato como fuente de contaminación.

Entonces el objetivo del presente estudio es Identificar nitratos como contaminante en aguas excedentes de riego en el cultivo de maíz (*zea mays*), Marabamba – Pillco Marca – Huánuco, para que los agricultores sean conscientes de la perdida y gasto innecesario de fertilizantes, así como también de la contaminación que generan y con ello poder tomar medidas que mitiguen esta fuente de contaminación.

El presente estudio es el resultado de trabajo de campo y de análisis hechos In situ, para identificar al nitrato en el agua excedente de riego. Se obtuvo como resultado que los nitratos si están presentes en el agua excedente de riego por gravedad en el cultivo de Maíz.

Después de haber obtenido los resultados y tener las suficientes referencias bibliográficas, se concluye que el cultivo de maíz fertilizado con urea es una fuente importante de contaminación de aguas superficiales que degradan los ecosistemas acuáticos.

CAITULO I.

PROBLEMA DE INVESTIGACION

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El nitrógeno es uno de los nutrientes esenciales que más limitan el rendimiento del maíz. Este macronutriente participa en la síntesis de proteínas y por ello es vital para toda la actividad metabólica de la planta. Según FAO el maíz se cultiva en 168 países, así mismo el Departamento de Agricultura de Estados Unidos (USDA) estimó una producción mundial de Maíz de 1008.68 millones de toneladas en el 2016, en los que se emplearon 25.217 millones de toneladas de nitrógeno. En nuestro país el INEI dio a conocer que en el mes de setiembre de 2015, la producción de maíz amarillo duro alcanzó 90 mil 605 toneladas, resultado superior en 7,1% comparado con el mismo mes del año anterior.

Los problemas de la contaminación de este tipo es el aumento de la propagación y biomasa de especies planctónicas, algas conglomeradas y macrofitas, alteración de las características del hábitat acuífero debida a la modificación del conjunto de plantas acuáticas, renovación de especies hidrobiológicas deseables por otras de menor costo, generación de toxinas por algunas algas, incremento de los gastos de servicios públicos de abastecimiento de agua, descontaminación del agua, puntualmente al finalizar las situaciones de propagación de algas, lo que normalmente da lugar a la muerte de peces,

saturación y bloqueo de los canales de riego por las malas plantas acuáticas, disminución de la posibilidad de uso del agua para fines de recreación, debido al fango, invasión de malas hierbas y olores nauseabundos originados por la putrefacción de algas.

Por tales motivos en la presente investigación se realizó el análisis con el fin de identificar la contaminación de aguas superficiales con nitratos provenientes de la fertilización con urea en el cultivo de Maíz, contribuyendo así con la desaceleración de la contaminación de nuestras quebradas y ríos.

1.2. FORMULACION DEL PROBLEMA

- ¿Estarán presentes los nitratos como contaminante en aguas excedentes de riego en el cultivo de maíz (zea mays), Marabamba – Pillco Marca – Huánuco?

1.3. PROBLEMAS ESPECIFICOS

- ¿Será el nitrato una fuente de contaminación de aguas superficiales en la localidad de Marabamba?
- ¿Cuál será la concentración de nitrato presente en el excedente de riego del agua superficial?

1.4. OBJETIVO GENERAL

- Identificar nitratos como contaminante en aguas excedentes de riego en el cultivo de maíz (zea mays), Marabamba – Pillco Marca – Huánuco.

1.5. OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Identificar al nitrato como fuente de contaminación de aguas superficiales en la localidad de Marabamba.
- Determinar la concentración de nitrato presente en el excedente de riego del agua superficial.

1.6. JUSTIFICACION DE LA INVESTIGACION

Esta investigación evidencia la contaminación de las aguas superficiales, así brinda un aporte en lo siguiente:

En lo social nos permite incrementar los conocimientos ambientales de los agricultores dedicados al cultivo de maíz; porque les accede a conocer cuál es el destino de parte de la fertilización con urea de este cultivo y con ello elevar su conciencia ambiental. Los agricultores y sociedad en general que tengan este conocimiento optaran por la exigencia de uso de otras fuentes de fertilización ya que con ello obtendrán la reducción de la contaminación de aguas superficiales logrando tener acceso a mejores condiciones de vida.

En lo económico en nuestro país la determinación de esta fuente de contaminación cuenta con una demanda creciente, para remplazar los insumos contaminantes por productos limpios, lo cual genera un ahorro en los costos de remediación de la contaminación, y a nivel internacional este mercado se encuentra concentrada en los países desarrollados.

En lo tecnológico se busca incrementar los conocimientos de las fuentes de contaminación de aguas superficiales y así cerrar la brecha existente en la determinación de la contaminación por la fertilización en la agricultura que utiliza enmiendas sintéticas.

Desde el punto de vista de impacto ambiental, el conocimiento obtenido permite frenar el impacto más importante de la contaminación por Nitrato, que es la eutrofización de las aguas superficiales, logrando con ello la pérdida total de las especies hidrobiológicas y de esta manera contribuir al uso de tecnologías limpias, sostenibilidad y conservación de las aguas superficiales.

1.7. LIMITACIONES DE LA INVESTIGACION

La falta de material bibliográfico especializado y de investigación, referente a la contaminación de agua por nitratos procedentes de los cultivos en nuestra región.

La escases ocasional de agua en la localidad de Marabamba motivo por el cual fue difícil sincronizar los días de riego, el cual contribuyo la dificultad en la toma de muestras durante la ejecución de la investigación.

La inclemencia del tiempo, actualmente el fenómeno del niño genero precipitaciones imprevistas, colapsando algunos de los sistemas de riego por gravedad, lo que dificulto la toma de muestras.

1.8. VIABILIDAD DE LA INVESTIGACION

Esta investigación es viable ya que la determinación de la contaminación de aguas superficiales con nitratos provenientes de la fertilización con urea, permite adoptar una medida de mitigación ante este contaminante, logrando que los cultivos sean fertilizados con dosis exactas y estos tengan el riego oportuno y suficiente.

Para el desarrollo de esta investigación se tomó en cuenta la evaluación del recurso humano, la disponibilidad de acceso a las áreas de estudio, del mismo modo se tuvo previsto la compra de equipos y materiales, también se tomó en cuenta los impactos ambientales y los aportes que involucra desarrollar esta investigación, de esta manera se previó de equipos de protección y un balance económico de costos permitió el normal desarrollo del estudio.

CAPITULO II.

REFERENCIA TEORICA

2.1. ANTECEDENTES

(BASTIDA, 2009), EN SU TESIS DOCTORAL; EL NITRÓGENO EN LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS DE LA COMUNIDAD DE MADRID: DESCRIPCIÓN DE LOS PROCESOS DE CONTAMINACIÓN Y DESARROLLO DE HERRAMIENTAS PARA LA DESIGNACIÓN DE ZONAS VULNERABLES NOS INDICA:

Que los mapas de concentración de nitrato revelan la persistencia de un problema de contaminación en amplios sectores de los acuíferos terciarios de la Zona Centro de España durante las últimas décadas. Las principales áreas contaminadas se localizan en la subunidad inferior del Acuífero Cárstico de La Alcarria y en la mitad inferior del Acuífero Detrítico de Madrid-Talavera. Describe que la aplicación de técnicas de análisis multivariante reveló que los usos agrícolas constituían la principal fuente de nitrato en las áreas contaminadas del Acuífero Cárstico de La Alcarria, mientras que los usos urbanos y mixtos eran las principales fuentes de nitrógeno en los núcleos contaminados de la mitad inferior del Acuífero Detrítico de Madrid-Talavera. (Bastida, 2009)¹

¹ BASTIDA, J. J. (12 de Octubre de 2009). *Tesis Doctoral.pdf* - Universidad de Alcalá. Recuperado el 14 de Julio de 2015, de [dspace.uah.es/dspace/bitstream/handle/10017/10017/10017/Tesis%20Doctoral.pdf?..](https://dspace.uah.es/dspace/bitstream/handle/10017/10017/Tesis%20Doctoral.pdf?..)

AUGUSTO ARCE MART INEZ, 1994, EN SU INFORME FINAL DE INVESTIGACIÓN: CONTAMINACIÓN DE NITRATOS EN AGUAS SUPERFICIALES Y SUBTERRÁNEAS, CONCLUYÓ QUE:

Es clara y notoria la contaminación por nitratos existente en aguas superficiales y subterráneas en España, en los países de la UE y, en general, en todos aquellos países Industrializados.

Las concentraciones de NO₃ en aguas de bebida superiores a 50 mg/l y en las plantas de consumo directo son causa de la metahemoglobinemia en lactantes. Las concentraciones elevadas de NO₃ están directamente relacionadas con el cáncer de esófago y estómago, ya que los nitratos se reducen a NO₂ y éstos pueden dar lugar a (NNC), que son sustancias mutantes y carcinógenas. Las fuentes principales de contaminación por NO₃, son los grandes núcleos de población (concentración puntual) por los vertidos de aguas residuales con el incremento de las concentraciones de nutrientes y las prácticas de agricultura y ganaderías intensivas dan lugar a la polución poco notoria.

Existen medidas preventivas y correctoras que pueden detener el aumento progresivo de estos niveles de NO₃ en las aguas superficiales y subterráneas, aunque éstas suponen un alto coste económico. (Arce, 1994). ²

²AUGUSTO ARCE MARTINEZ, 1994, tesis master, CONTAMINACIÓN DE NITRATOS EN AGUAS SUPERFICIALES Y SUBTERRÁNEAS, Profesor titular de Ingeniería Química. Dpto. de Química y análisis agrícola de la E.T.S.I. Agrónomos. UNIVERSIDAD PONTIFICIA DE MADRID. [/https://www.fundacionmapfre.org/documentacion/.../i18n/catalogo_imagenes/grupo.cmd?](https://www.fundacionmapfre.org/documentacion/.../i18n/catalogo_imagenes/grupo.cmd?)

(Arauzo, 2006), EN SU TRABAJO DE INVESTIGACIÓN: DINÁMICA ESPACIO-TEMPORAL DEL CONTENIDO EN NITRATO DE LAS AGUAS SUPERFICIALES Y SUBTERRÁNEAS DE LA CUENCA DEL RÍO OJA (LA RIOJA, ESPAÑA): VULNERABILIDAD DEL ACUÍFERO ALUVIAL, CONCLUYÓ QUE:

La fuente de contaminación más importante de la zona eran los abonos nitrogenados de origen agrícola. Se mencionaban entonces concentraciones puntualmente superiores a 40 mg/l, valor tres veces inferior a los máximos observados en la actualidad. Parece indudable, por tanto, el incremento progresivo de contaminación a lo largo de las dos últimas décadas. El proceso borroso de lixiviación de nitrato, incrementado después de las labores de fertilización de la primavera anterior, y después el movimiento de la solución por las aguas subterráneas en el sentido longitudinal del sistema río-acuífero, no solo afecta a la calidad del propio acuífero sino también, temporalmente, a la calidad de las aguas superficiales, las concentraciones de nitrato son elevadas en el área nororiental, zona media-baja del Oja y arroyo Zamaca, donde el acuífero se separa en dos cuencas, Oja y Zamaca, que se estrechan, el estudio de los patrones espaciotemporales de distribución del contenido en nitrato en el sistema río acuífero, integrando datos químicos e información hidrológica, es el primer paso que debe abordarse para afrontar los problemas derivados de la vulnerabilidad de los acuíferos aluviales a la contaminación por nitrato, el desarrollo de estudios de estas características proporcionara una base científica sólida para la elaboración y seguimiento de propuestas de re-generación y conservación de las reservas de agua en las zonas vulnerables que permitan

compatibilizar unas prácticas agrícolas más optimizadas y una gestión sostenible de los recursos hídricos. (Arauso, 2006)³.

(Domingo, 2006), EN SU TRABAJO DE INVESTIGACION, LAVADO DE NITRATOS EN UN CULTIVO DE MAÍZ CON DIFERENTES TIPOS DE RIEGO, CONCLUYÓ QUE:

El lavado de nitratos debido al aporte de fertilizante nitrogenado es poco importante y no difiere entre uno y otro tipo de riego durante el ciclo del cultivo, siendo más dependiente del contenido de N nítrico en el suelo al inicio del cultivo. Es, por tanto, importante conocerlo. El fraccionamiento de los aportes de N no implica de forma clara un menor lavado en el conjunto del período analizado. (Domingo, 2006)⁴.

(Andriulo, 2003) CAROLINA SASAL Y SILVINA PORTELA, 2003, EN SU TRABAJO DE INVESTIGACIÓN IMPACTO AMBIENTAL DE LA AGRICULTURA PAMPEANA – NITRÓGENO, CONCLUYÓ QUE:

Los primeros resultados sobre el aporte de los sistemas de cultivo intensivos a la contaminación del agua subterránea por agro químicos en

³MERCEDES ARAUZO, 2006, DINÁMICA ESPACIO-TEMPORAL DEL CONTENIDO EN NITRATO DE LAS AGUAS SUPERFICIALES Y SUBTERRÁNEAS DE LA CUENCA DEL RÍO OJA (LA RIOJA, ESPAÑA): VULNERABILIDAD DEL ACUÍFERO ALUVIAL, trabajo de investigación, Departamento de Contaminación Ambiental. Centro de Ciencias Medioambientales-CSIC. Serrano 115 dpdo.http://www.limnetica.com/Limnetica/Limne25/L25b753_Nitrato_aguas_superficiales_subterraneeas_cuenca_rio_Oja.pdf

⁴ DOMINGO-OLIVÉ, 2006, LAVADO DE NITRATOS EN UN CULTIVO DE MAÍZ CON DIFERENTES TIPOS DE RIEGO F, ESTUDIOS DE LA ZONA NO SATURADA DEL SUELO VOL. VII-Estación Experimental Agrícola Mas Badia, 17134 La Tallada Dempordà, GIRONA; francesc.domingo@irta.es. http://www.zonanosaturada.com/publics/zns05/area_1/19.pdf

Pergamino mostraron que las concentraciones medias anuales de nitratos del agua de drenaje estuvieron por debajo de los límites establecidos para considerar al agua como potable, sin embargo, se encontraron concentraciones elevadas de nitratos, atrazina y glifosato en el agua de drenaje en coincidencia con lluvias de primavera que favorecieron el pasaje rápido de agua hacia las napas, aun en años extremadamente húmedos, como los del período 2000-2003, mientras los fertilizantes nitrogenados, la atrazina y el glifosato se apliquen dentro de las dosis recomendadas, es poco probable hallar contaminación por estos agroquímicos en el corto plazo. Debido a la gran inercia del transporte de agroquímicos desde el suelo hacia la base del acuífero, es imperativo continuar con estas evaluaciones para prevenir la contaminación en el largo plazo (Andriulo, 2003)⁵.

(Pacheco, 2003) JULIA PACHECO, ÁVILA Y ARMANDO CABRERA SANSORES, 2003, EN SU ARTÍCULO DE DIVULGACIÓN: FUENTES PRINCIPALES DE NITRÓGENO DE NITRATOS EN AGUAS SUBTERRÁNEAS, CONCLUYÓ QUE:

Las concentraciones de nitratos en el agua subterránea en Long Island, Nueva York, se han incrementado marcadamente durante los últimos 30 años, una cantidad significativa de ese incremento ha sido atribuida a los fertilizantes usados en el césped y jardines además de las descargas de tanques sépticos, el incremento en las concentraciones de nitratos es de particular importancia en la parte central y este de la isla, ya que el agua subterránea es la única fuente

⁵ INGS. AGRS. ADRIÁN ANDRIULO, CAROLINA SASAL Y SILVINA PORTELA, 2003, IMPACTO AMBIENTAL DE LA AGRICULTURA PAMPEANA – Nitrógeno, Gestión Ambiental De Suelos Y Aguas INTA PERGAMINO, BUENOS AIRES

de agua para beber, el agua subterránea fue muestreada en 14 pozos además cerca del nivel freático en un desarrollo habitacional construido en 1970. Las muestras fueron colectadas durante 1972-1979 y analizadas para determinar nitrógeno amoniacal, nitrógeno orgánico y nitratos, los estudios estadísticos mencionaron que la concentración de nitratos en los pozos se elevó significativamente. Las cargas de nitrógeno fueron estimadas de 2300 kg/año provenientes de los fertilizantes, 80 kg/año del agua de irrigación, 200 kg/año de animales y menos de 67 kg/año de la precipitación, las descargas de tanques sépticos se supusieron despreciables (Pacheco et al., 2003) ⁶.

FELIPE DE JESÚS MARTÍNEZ GASPAR, DÁMARIS L. OJEDA BARRIOS, O. ADRIANA HERNÁNDEZ RODRÍGUEZ, JAIME J. MARTÍNEZ TÉLLEZ y GUADALUPE DE LA O QUEZADA, 2011, EN SU ARTICULO DE INVESTIGACION: EL EXCESO DE NITRATOS: UN PROBLEMA ACTUAL EN LA AGRICULTURA, CONCLUYÓ QUE:

La polución por nitratos del agua proveniente de las actividades agrícolas es un problema agroambiental actual que está repercutiendo en la salud humana y animal. Esta problemática constituye un problema grave a niveles mundiales dados las repercusiones que tiene; es por ello que se debe hacer esfuerzos para mejorar las técnicas que permitan mejorar la detección de agentes contaminantes y monitorear constantemente los ecosistemas sujetos a impactos ambientales severos, con el fin de tomar las medidas preventivas, la adición de

⁶ JULIA PACHECO ÁVILA Y ARMANDO CABRERA SANSORES, 2003, ARTÍCULO DE DIVULGACIÓN: FUENTES PRINCIPALES DE NITRÓGENO DE NITRATOS EN AGUAS SUBTERRÁNEAS. Pacheco J., et. al. / Ingeniería 7-2 (2003) 47-54. Profesor Investigador del Cuerpo Académico de Ingeniería Ambiental, FIUADY. <http://www.revista.ingenieria.uady.mx/volumen7/fuentes.pdf>

fertilizantes nitrogenados usados en la agricultura y que se lixivian en forma de nitratos deteriora la calidad del agua que se encuentra en los mantos freáticos, y al ser extraída tanto para consumo humano como agrícola y ganadero, va a resultar perjudicial (Martínez et al., 2011)⁷.

(BURGUES ET AL., 2007) MARTÍN BURGUES, AILÉ GOLÍN, GISELA MAYDANA, MARGARITA PORTAPILA, 2007, EN SU TRABAJO DE INVESTIGACIÓN: ANÁLISIS PRELIMINAR DE CONTAMINACIÓN EN AGUAS SUPERFICIALES PROVENIENTES DE FERTILIZANTES Y PESTICIDAS UTILIZADOS EN LAS ACTUALES PRÁCTICAS AGRÍCOLAS, AFIRMA QUE:

La cantidad de fertilizantes y pesticidas aplicados por unidad de área son mayores a los requeridos para obtener los mismos rindes de los cultivos.

Esto da lugar a un estudio más exhaustivo de cuáles son los niveles óptimos de aplicación de fertilizantes y pesticidas que se necesitan para maximizar la producción reduciendo al mínimo el deterioro de los recursos naturales, en particular del recurso hídrico. Se puede afirmar a partir de los resultados obtenidos que, el modelo seleccionado, resulta una herramienta computacional eficiente para su utilización en áreas de llanura y grandes extensiones (Burgues et al., 2007).⁸

⁷ FELIPE DE JESÚS MARTÍNEZ GASPAR, DÁMARIS L. OJEDA BARRIOS, O. ADRIANA HERNÁNDEZ RODRÍGUEZ, JAIME J. MARTÍNEZ TÉLLEZ y GUADALUPE DE LA O QUEZADA, 2011, Artículo De Investigación N° 57, SINTHESYS: El Exceso De Nitratos: un problema actual en la agricultura.http://www.uach.mx/extension_y_difusion/synthesis_2011/08/18/el_exceso_de_nitratos_un_problema_actual_en_la_agricultura.pdf

⁸ MARTÍN BURGUES, AILÉ GOLÍN, GISELA MAYDANA, MARGARITA PORTAPILA, 2007, TRABAJO DE INVESTIGACIÓN: ANÁLISIS PRELIMINAR DE CONTAMINACIÓN EN AGUAS SUPERFICIALES PROVENIENTES DE FERTILIZANTES Y PESTICIDAS UTILIZADOS EN LAS ACTUALES PRÁCTICAS AGRÍCOLAS. E-mail: lccmartin@gmail.com. CIFASIS, CONICET, 27

MARISA MATURANO, 2002, EN SU TESIS DOCTORAL: ESTUDIO DEL USO DEL AGUA Y DEL NITROGENO DENTRO DEL MARCO DE UNA AGRICULTURA SOSTENIBLE EN LAS REGIONES MAICERAS CASTELLANO - MANCHEGA Y ARGENTINA, CONCLUYÓ QUE:

Para el cultivo de maíz, un nivel inadecuado de nitrógeno resulta en una disminución en el crecimiento del área foliar; sin embargo, el número de hojas es escasamente afectado (Lemcoff y Loomis, 1986; Muchow, 1988). Los resultados de este trabajo concuerdan con los obtenidos por otros investigadores (Girardin et al., 1987; Uhart y Andrade, 1995), ya que no se encontraron diferencias en el número final de hojas para los diferentes niveles de nitrógeno aplicados (datos no presentados). Por otra parte, si bien el número de hojas a desplegar está asociado a un requerimiento térmico expresado por el filocrono, y un mayor número de hojas implica una mayor suma térmica para cambiar el estado del ápice de vegetativo a reproductivo, esta característica está fuertemente asociada al genotipo. (Maturano, 2002) ⁹

MARÍA GUADALUPE IBARRA CECENIA, 2000, EN SU INVESTIGACIÓN DE TESIS: LAS ACTIVIDADES AGRÍCOLAS Y SU IMPACTO EN LA CALIDAD

de Febrero 210 bis, S2000EZP Rosario, Argentina http://www.ina.gov.ar/pdf/ifrrhh/02_003_Burgues.pdf

⁹ MARISA MATURANO, Albacete 2002, TESIS DOCTORAL: ESTUDIO DEL USO DEL AGUA Y DEL NITROGENO DENTRO DEL MARCO DE UNA AGRICULTURA SOSTENIBLE EN LAS REGIONES MAICERAS CASTELLANO - MANCHEGA Y ARGENTINA. Directores de Tesis: Arturo de Juan Valero, Edgardo Guevara, INSTITUTO NACIONAL DE TECNOLOGIA AGROPECUARIA Pergamino, Buenos Aires, Argentina. <http://lacs.ipni.net/ipniweb/region/lacs.nsf/>

DE LOS RECURSOS HÍDRICOS: EL CASO DEL VALLE DEL CARRIZO, SINALOA, MÉXICO, DETERMINÓ QUE:

Se aplica 300 kg/ha. de nitrógeno y 60 kg./ha. de fosforo, el metamidofos, el dimetoato y clorotalonil, fueron los plaguicidas más utilizados en el cultivo del maíz, observándose la aplicación de 1.5 lt./ha. de metamidofos en 25,000 ha.de cultivo de maíz de otoño-invierno. Los resultados de nitratos y nitritos en el agua de drenes del Valle del Carrizo según resultados de laboratorio todos rebasan los LMP según la NOM-001-ECOL-1996. (Ibarra, 2002)¹⁰

FERNANDO O. GARCÍA, MIGUEL A. TABOADA, 2012, EN SU TRABAJO DE INVESTIGACION: EL NITRÓGENO EN LA AGRICULTURA ARGENTINA, ALTERNATIVAS PARA INCREMENTAR LA EFICIENCIA DE USO EN LOS CULTIVOS DE GRANO Y MITIGAR LAS EMISIONES DE ÓXIDO NITROSO, DETERMINA QUE:

La forma de aplicación de N más eficiente es la incorporación, sin embargo, las distintas fuentes de N permiten alcanzar eficiencias de uso similares en incorporaciones superficiales (al voleo) cuando se revisan o se evalúan algunos factores relacionados con el clima (temperatura, humedad, precipitaciones) y el uso del suelo (presencia de residuos), estas oposiciones se deben fundamentalmente a la potencial recurrencia de pérdidas de amoníaco por volatilización a partir de aplicaciones superficiales de urea o fertilizantes que la

¹⁰ MARÍA GUADALUPE IBARRA CECEÑA, 2000, Parte de la investigación de tesis en el Programa de Doctorado en Economía (UNAM): LAS ACTIVIDADES AGRÍCOLAS Y SU IMPACTO EN LA CALIDAD DE LOS RECURSOS HÍDRICOS: EL CASO DEL VALLE DEL CARRIZO, SINALOA, MÉXICO. Universidad Autónoma Indígena de México. Juárez 39, Mochicahui, El Fuerte, Sinaloa. C.P. 81890. mgibarra@uaim.edu.mx

contengan, así, aplicaciones superficiales de urea con temperaturas medias del aire inferior a los 15o C, frecuentemente muestran respuestas a N similares a las aplicaciones incorporadas (García, et al. 2012).

J.J. PEÑA, 2001, EN SU TRABAJO DE INVESTIGACIÓN: MANEJO DE LOS FERTILIZANTES NITROGENADOS EN MEXICO: USO DE LAS TECNICAS ISOTOPICAS (15N), RECOMIENDA QUE:

Para la producción de los diferentes cultivos en estudio. Su extensión a la gran mayoría de los agricultores redundará en un ahorro económico sustancial de los principales insumos que limitan la producción de los cultivos y, por otro lado, en una disminución del riesgo ambiental por el pobre manejo del agua y fertilizantes nitrogenados. Sin embargo, es importante mencionar que la investigación sobre estos temas deberá complementarse con el uso de tecnologías de materia orgánica que permitan un manejo óptimo de los sistemas de producción en términos de sostenibilidad (Peña, 2001)¹¹.

MIGUEL PALOMO RODRÍGUEZ, 2007, EN SU TRABAJO DE INVESTIGACIÓN: DESARROLLO SUSTENTABLE DE LOS RECURSOS NATURALES AL DISMINUIR RIESGOS DE CONTAMINACIÓN EN ACTIVIDADES AGROPECUARIAS, CONCLUYE QUE:

¹¹ J.J. PEÑA - CABRIALES, 2001, TRABAJO DE INVESTIGACIÓN: MANEJO DE LOS FERTILIZANTES NITROGENADOS EN MEXICO: USO DE LAS TECNICAS ISOTOPICAS (15N), Laboratorio de Microbiología Ambiental, CINVESTAV Instituto Politécnico Nacional, Unidad Irapuato. <http://www.chapingo.mx/terra/contenido/20/1/art51-56.pdf>

La incorporación de diversas fuentes nitrogenadas al sistema agua-suelo, pone en riesgo a los acuíferos y consecuentemente se puede perjudicar la calidad del agua potable por nitratos, con posibilidades de producir problemas de salud pública, si se sobrepasa la norma de 10 ppm que corresponde al límite máximo permisible (LMP). Las dosis de uso de los biosólidos tienen que calcularse de acuerdo a su concentración de nitrógeno, porcentaje de nitrógeno mineralizable que se ara disponible durante el primer año, también la necesidad nutricional del cultivo, otras alternativas diferentes de uso, pueden poner en riesgo de contaminación a los recursos del agua y suelo. (Palomo, 2007).

DARÍO CÁRDENAS REINOSO Y MARIO TOUMA FAYTONG, 2011, EN SU TESIS DE GRADO: ESTUDIO COMPARATIVO DE DOS MÉTODOS DE FERTILIZACIÓN DEL CULTIVO DE ARROZ: USANDO BRIQUETAS DE UREA CON DIFERENTES CONCENTRACIONES DE ZEOLITA - PROVINCIA DE LOS RÍOS.

La inclusión de zeolita si ayuda a retardar la liberación del fertilizante Urea para que la planta de arroz reciba nitrógeno a lo largo de todo su proceso formativo.

El método de fertilización que mejor se adapta a los tratamientos con briquetas de urea-zeolita es el de TRANSPLANTE; sin embargo, los resultados al voleo son datos interesantes para la comparación final. Las briquetas

elaboradas tuvieron el tamaño y peso adecuado para que su efecto sea beneficioso al proceso de fertilización. (Cárdenas et al., 2011)¹².

2.2. BASES TEORICAS

2.2.1. El ciclo del nitrógeno

El nitrógeno es un componente que utilizan todos los organismos vivos para el metabolismo de proteínas, ácidos nucleicos y otras moléculas fundamentales del organismo, forma, junto al fósforo, uno de los factores reguladores susceptibles de controlar la producción primaria en los ecosistemas (Gutschick 1981; Risser & Parton 1982; Danso 1985; Vitousek & Howarth 1991). Sin embargo, a comparación de otros elementos que son constituyentes esenciales de los seres vivos, su biodisponibilidad es generalmente poca, ya que se presenta mayoritariamente en la atmósfera en forma de N₂, molécula que es nula en cuanto a su utilización directamente por la mayoría de los seres vivos (a excepción de algunos microorganismos), gracias al solvente enlace triple que une sus átomos (Fernandez, 1997).¹³

¹² DARÍO CÁRDENAS REINOSO Y MARIO TOUMA FAYTONG, 2011, TESIS DE GRADO: ESTUDIO COMPARATIVO DE DOS MÉTODOS DE FERTILIZACIÓN DEL CULTIVO DE ARROZ. ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL, FACULTAD DE ING. DE MECÁNICA Y CIENCIAS DE PRODUCCIÓN - GUAYAQUIL – ECUADOR <https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/19161/2/TESIS%20FINAL%202.pdf>

¹³ AGUILAR FERNANDEZ, SUSANA El reto del medio ambiente: Conflictos e intereses en la Política. Madrid: Alianza Editorial, 1997 CIENCIAS DE LA TIERRA Y DEL MEDIO AMBIENTE. Ecosistemas. Ciclos de los Elementos, ciclo del Nitrogeno. <http://www4.tecnun.es/asignaturas/Ecologia/Hipertexto/04Ecosis.htm>

2.2.2. Procesos implicados en el ciclo del nitrógeno en los sistemas terrestres

a) Fijación

Las entradas de nitrógeno mineral al suelo se producen desde la atmósfera a través del agua de la lluvia, en forma de amonio o de óxidos de nitrógeno disueltos, o también a través de la fijación por parte de bacterias simbióticas (como *Rhizobium*) con plantas leguminosas y algas cianofíceas, que usan el N₂ del aire y lo convierten en amonio. La fijación simbiótica del nitrógeno supone la entrada de nitrógeno más importante para los ecosistemas terrestres (Ramírez, 2008).¹⁴

b) Asimilación

Las formas amonio y nitrato del suelo pueden ya ser absorbidas por las plantas, incorporándose, de este modo, a la cadena alimentaria. La mayor parte del nitrógeno mineral del suelo se encuentra en forma de nitrato, que es la forma más oxidada de nitrógeno en el suelo y en las masas de agua y, también, la más comúnmente asimilada por los vegetales. Su asimilación es diferencial, ya que el ión nitrato se encuentra disuelto en la solución del suelo, mientras que gran parte del ión amonio está adsorbido sobre superficies de las arcillas (Pacheco et al. 2002). La predominancia en el suelo de coloides saturados negativamente que están dispuestos los espacios interlaminares de los minerales de la arcilla

¹⁴ Eglitt Ramírez, 2008. ARTICULO: milarium – Ingeniería Civil y Medio Ambiente. Ciclo del Nitrogeno en Sistemas Terrestres <http://www.miliarium.com/proyectos/nitratos/Nitrato/CicloNitrogeno.asp>

propicia la adsorción del ión amonio, minorando su movilidad en el suelo. (Ramírez, 2008) ¹⁶

c) Amonificación

La descomposición de la materia orgánica mediante los procesos de mineralización desarrollados por bacterias y hongos genera ión amonio, nuevamente disponible para el consumo de organismos vegetales y algunos tipos de bacterias (Keeney & Walsh 1972). Este proceso es importante, por cuanto la mayor parte del nitrógeno presente en el suelo lo está en forma orgánica (alrededor del 90%; Pacheco et al. 2002), conformado en la biomasa viva o en la materia orgánica detrítica (residuos orgánicos de las plantas, excrementos animales y humus). (Ramírez, 2008) ¹⁶

d) Nitrificación

El amonio presente en el suelo puede sufrir dos procesos de oxidación sucesivos producidos por ciertos grupos de bacterias que actúan en condiciones aerobias: bacterias del género *Nitrosomonas*, que oxidan a nitrito, y bacterias del género *Nitrobacter*, que oxidan a nitrato, en el proceso denominado nitrificación (Sharma & Ahlert 1977; Watson et al. 1981, Schmidt 1982; Wetzel 2001). Este proceso requiere la presencia de oxígeno y ocurre rápidamente a temperaturas entre 15 y 30 °C y pH entre 6,5 y 7,5 (Keeney & Walsh 1972). Otros factores que regulan la nitrificación son la concentración de amonio, la concentración de **dióxido** de carbono, la relación C/N y el potencial redox del suelo. (Ramírez, 2008) ¹⁶

e) Desnitrificación

Es el proceso que tiene lugar por la acción de bacterias reductoras (anaerobias facultativas) como las *Pseudomonas*, que actúan bajo condiciones anaeróbicas (suelos encharcados) y transforman el nitrógeno mineral del suelo en N_2 (Tiedje et al. 1984; Austin 1988; Stumm & Morgan 1996; Wetzel 2001; Pacheco et al. 2002; Paerl et al. 2002) y, en menor medida, en óxidos nitrosos. Para que se produzca la desnitrificación se requieren concentraciones de carbono soluble mayores de 2 mg L⁻¹ y concentraciones de oxígeno disuelto menores de 2 mg L⁻¹ (Thomasson et al. 1991). Este proceso se ve favorecido a temperaturas de 25 °C o superiores, Ph entre 6 y 8, bajo drenaje del suelo y existencia de altas concentraciones de compuestos orgánicos que actúen como donadores de electrones (Tiedje et al. 1982; Postma et al. 1991; Korom 1992) o, en su defecto, otras fuentes de electrones como la pirita, la glaucomita, el Fe^{2+} , el Mn^{2+} , o el S^{2-} (Starr & Gillham 1993).¹⁶

f) Volatilización

Es el proceso por el cual el nitrógeno mineral en forma de ión amonio (NH_4^+) de la superficie del suelo pasa a la atmósfera en forma de amoniaco (NH_3). Está gobernado fundamentalmente por el pH del suelo, al influir en la ecuación de equilibrio entre el amonio y el amoniaco (Russo 1985). mediciones subidos de alcalinidad mejoran una mayor proporción de nitrógeno en forma amoniacal, con respecto al nitrógeno en forma de amonio. Otros factores inmersos son la

potencialidad de intercambio catiónico, el contenido en materia orgánica, la textura del suelo y la temperatura. (Ramírez, 2008) ¹⁶

g) Lixiviación

Es el proceso por el que el nitrógeno inorgánico es arrastrado por el agua de infiltración del suelo hacia los horizontes más profundos del mismo y, finalmente, hacia los acuíferos subyacentes. Las pérdidas por este proceso ocurren, normalmente, en forma de nitrato ya que este compuesto no forma asociaciones estables con las partículas edáficas. El amonio, por el contrario, puede ser atraído por las partículas del suelo cargadas negativamente, como la arcilla y la materia orgánica particulada, y de esta forma ser resistente a la percolación ((Ramírez, 2008)). ¹⁶

El riesgo de lixiviación de nitrógeno en condiciones naturales se ve limitado por la escasez de nitrógeno mineral en los suelos y el equilibrio existente entre su biodisponibilidad y su absorción por las plantas. Sin embargo, el impacto de las actividades humanas ha modificado el ciclo del nitrógeno, con un mayor aporte de nitrógeno mineral y orgánico al suelo (uso de fertilizantes), un incremento del contenido de compuestos nitrogenados reactivos en la atmósfera, susceptibles de ser fijados, y un mayor riesgo de lavado por las prácticas no optimizadas de riego. Entre todas las actividades de origen antrópico, la aplicación de fertilizantes agrícolas constituye la mayor alteración del ciclo del nitrógeno a escala global ((Ramírez, 2008)). ¹⁶

2.2.3. Ciclo del nitrógeno a escala global

La gran movilidad del nitrógeno en sus distintas formas propicia una fácil circulación entre la atmósfera y los sistemas acuáticos y terrestres (Hammond & Mathews 1999). En los sistemas terrestres, donde existe un marcado dominio de los procesos de fijación natural y antrópicos, el nitrógeno acumulado en el suelo experimenta, a escala global, un gran desplazamiento horizontal hacia los cursos de agua a través de la escorrentía superficial y del flujo subterráneo de los acuíferos (previa lixiviación; Seitzinger 2006). En las aguas de ecosistemas continentales predominan, por el contrario, los procesos de desnitrificación (Schlosser & Karr 198; Haycock & Pinay 1993), minorando la carga de nitrógeno antes de ser conducido a los océanos y trasladándose una parte significativa a la atmósfera (Gruber & Galloway 2008). Los océanos, sin embargo, se identifican por el doble proceso bidireccional de fijación y desnitrificación, a comparación de la tendencia unidireccional que caracteriza a los sistemas terrestres (Gruber 2004; Gruber & Galloway 2008), por lo que una parte importante del nitrógeno retorna a la atmósfera. (Gail et al., 2004) ¹⁵

2.2.4. Riesgos ambientales debidos a la alteración del ciclo del nitrógeno en el contexto agrario

Los efectos ambientales derivados de las alteraciones del ciclo del nitrógeno en el contexto agrario, así como sus impactos asociados sobre el medio natural y la salud humana, han sido reseñados en gran número de

¹⁵ CHALMERS, GAIL LITTLEJOHN, PAUL MCKAY POR DAVID A. BAINBRIDGE. 2004 TRADUCIDO POR LAURA L. VELÁZQUEZ Contaminación Por Nitrógeno: Demasiado De Una Buena Cosa. <http://www.greenteacher.com/article%20files/contaminacionpornitrogeno.pdf>

estudios (Nelson & Campbell 1991; Hammond & Mathews 1999; Kopáèek et al. 2001; Galloway et al. 2003; Townsend et al. 2003; Dangles et al. 2004; Camargo & Alonso 2007; Gruber & Galloway 2008). (Gail et al., 2004) ¹⁷

2.2.5. Contaminación por nitratos

David A. indica que la contaminación por nitratos, la cual parece ser cada vez más un desastre ambiental tanto en el agua (donde ha sido ampliamente reconocida) como en la tierra. A demás de que el gas nitrógeno (N₂) conforma el 78 % del aire que utilizamos, es con frecuencia el factor limitante en el desarrollo de las plantas porque esta amplia reserva de nitrógeno atmosférico no puede ser usada directamente como nutriente. El nitrógeno en forma de gas es convertido en formas químicas que pueden ser tomadas por las plantas a través de un proceso de fijación del nitrato que es procesado por bacterias. Éstas incluyen cianobacterias que habitan libremente en el suelo y en el agua, y bacterias que forman y habitan en nódulos sobre las ramas de ciertas plantas (las bacterias *Rhizobium* en las leguminosas como los frijoles, chícharos y el trébol; y bacterias filamentosas denominadas actinomicetos en alisos, bayas de los búfalos, lilos montañeses y otros cuantos arbustos y hierbas perenes). (Gail et al., 2004)¹⁷

2.2.6. Ecosistemas acuáticos y nitrógeno

En los ecosistemas acuáticos, problemas ocasionados por incremento de nitrógeno son igualmente graves, a pesar de que han necesitado varios años para desarrollarse. Altos niveles de nitrógeno ocasionan que los canales y ríos

se transforman eutrópicos, una condición en la cual los nutrientes excesivos favorecen el rápido crecimiento de las algas como de los microbios que se nutren de ellas. Cuando estos organismos cesan de vivir, bacterias descomponedoras digieren la materia orgánica muerta y utilizan grandes cantidades de oxígeno en el proceso. Niveles bajos de oxígeno pueden, en cambio, dar muerte a peces y microorganismos. En aguas eutrópicas, la variedad de especies tiende a disminuir, y organismos menos deseados, como variedades tóxicas de alga, tienden a incrementarse. Este exceso de nitrógeno orienta directa o indirectamente a problemas como el peligroso brote del microbio tóxico *Pfiesteria* piscicida en Chesapeake Bay y a lo largo de la costa este de los Estados Unidos. El brote supone ser el resultado de añadidos de nitrógeno de campos de cultivo. (Gail et al., 2004) ¹⁷

2.2.7. Nitratos en el agua y sus efectos sobre la salud

Las áreas rurales son contaminadas frecuentemente por el nitrato. Este se debería controlar esencialmente en el agua potable porque su exceso puede provocar metahemoglobinemia, o “la enfermedad de los bebés azules”. Aunque estos niveles de nitratos que afectan a los bebés no son peligrosos para niños mayores y adultos, sí condicionan la posible presencia de otros contaminantes más peligrosos originados en las residencias o de la agricultura, tales como bacterias o pesticidas. La génesis de los nitratos en aguas subterráneas es principalmente de fertilizantes, sistemas sépticos y almacenamiento de estiércol u operaciones de extensión. Los fertilizantes nitrogenados no absorbidos por las plantas, volatilizados, o conducidos por la escorrentía superficial terminan en las aguas subterráneas en forma de nitratos. Esto hace que el nitrógeno no sea

asimilado por las plantas, y también puede elevar la concentración en aguas subterráneas por encima de los LMP lo que lo hace no potable (LENNTECH, 2015).

El nitrógeno originado del estiércol o de los abonos puede infiltrarse de manera similar de los prados, corrales, o lugares de almacenamiento. Los sistemas sépticos liberan solamente la mitad del nitrógeno de las aguas residuales, dejando que la otra mitad sea conducida hacia las aguas subterráneas, de esta forma aumenta la concentración de nitrato en aguas subterráneas. (LENNTECH, 2015)¹⁶

2.2.8. Estándares del nitrato en el agua potable

Los nitratos en el agua potable son calculados ya sea en términos de la cantidad de nitrógeno presente de tanto nitrógeno como oxígeno. La concentración permitida para el nitrato en agua potable es de 10 mg/l nitrato-N, o 50 mg/l nitrato-NO₃, cuando el oxígeno es calculado a la vez que el nitrógeno. A menos que se puntualice de otra forma, los niveles de nitrato se refieren únicamente a la cantidad de nitrógeno presente, y el estándar normal, por lo tanto, es de 10 mg/l.

Una pequeña exposición a agua potable con nitrato superior al estándar para la salud es un peligro para la salud, especialmente para la infancia. Los bebés ingieren grandes volúmenes de agua considerando su peso corporal,

¹⁶Lenntech BV.2015, Rotterdamseweg 402 M - 2629 HH Delft Lenntech BV Distributieweg 3 2645 EG Delfgauw Copyright © 1998-2017 Lenntech B.V. All rights reserved <http://www.lenntech.es/nitratos.htm#ixzz42dqvUZAaw>

especialmente si se mezclan recetas o zumos en polvo o concentrados. Además, sus sistemas digestivos no son maduros, y de esta forma más propensos a permitir la reducción de nitrato a nitrito. El nitrito en los bebés puede causar metahemoglobinemia. (APSSA, 2015)¹⁷

2.2.9. Los nitratos en nuestra dieta

Los nitratos se presentan de forma natural en muchos vegetales, tales como lechuga y espinacas, y son dispuestos por microbios en el intestino humano, con el resultado de que solo una pequeña parte del nitrato en el cuerpo tiene como fuente el agua que bebemos. Es improbable que la toma de nitratos por la ingesta de vegetales cause problemas de salud, porque muy insignificante cantidad de este nitrato es transformada en nitrito. Los productos cárnicos proporcionan menos del 10 por ciento del nitrato en la dieta, pero suman del 60 al 90 por ciento del nitrito consumido. Esto es básicamente porque a las comidas tales como perritos calientes, bacón o jamón se les incorpora nitrito de sodio. Frutas, granos y productos lácteos no suman prácticamente nada de nitratos o nitritos a la dieta (Albert, 2013)¹⁸

¹⁷ Agencia de protección a la salud y seguridad alimentaria, 2015. Microsoft Word –NITRATOS formateado PUBLICO.doc <http://www.elaguapotable.com/Los%20nitratos%20y%20los%20nitritos%20y%20el%20agua%20de%20consumo.pdf>

¹⁸ Lilia A. Albert. 2013. Nitratos y Nitritos. Copyright © 2015 Powered By Documents.mx - All Rights Reserved <http://documents.mx/documents/nitratos-y-nitritos.html>.

2.2.10. Los nitratos y la OMS

En los estándares europeos para el agua potable, segunda edición, publicada por la OMS después de la convención de Génova en 1970, encontramos lo siguiente. (OMS, 2008)¹⁹

TABLA Nº 01 TOXICIDAD DEL NITRATO

Sustancia	Naturaleza del problema que puede aparecer	Nivel aproximado por encima del cual pueden aparecer problemas
Nitrato (como NO ₃)	Peligro de metahemoglobinemia infantil si el agua es consumida por niños pequeños.	- Recomendado: menos de 50 mg/l. - Aceptable: de 50 a 100 mg/l. - No recomendado: más de 100 mg/l.

FUENTE: Organización Mundial de la Salud 2008

2.2.11. TECNICAS PARA LA ELIMINACIÓN DE NITRATOS EN EL AGUA

En la actualidad existen varias técnicas para la eliminación de los nitratos en las aguas. Estas se pueden clasificar en dos grupos:

a) Técnicas de separación

b) Como su nombre indica, pretenden aislar los nitratos de la corriente de agua a desechar, concentrándolos en un segundo desecho (la salmuera) que se tendría que tratar o almacenar en un depósito. Estas técnicas son: la electrodiálisis, la ósmosis inversa y las resinas aniónicas.

¹⁹ Organización Mundial de la Salud 2008, ISBN 92 4 92 4 154696 4, © Para encargar una copia, diríjase a: bookorders@who.int.

c) Técnicas de transformación

Pretenden transformar los nitratos en otros compuestos químicos inocuos por medio de vías biológicas o catalíticas

Las primeras son las más usadas en la actualidad para el procesamiento de aguas naturales contaminadas por nitratos y aunque dan muy buenos resultados son costosas y no solucionan el problema pues no convierten el nitrato en un compuesto inofensivo, sino que producen una salmuera concentrada en nitratos, sin ningún valor económico y que hay que tratar o almacenar adecuadamente. Respecto a las técnicas de modificación, los procesos biológicos se suelen usar actualmente en el tratamiento de las aguas residuales e industriales y se adicionan a muchas depuradoras, dando resultados muy satisfactorios. No obstante esta tecnología, aunque es adecuada para aguas residuales, no se debe utilizar para potabilizar aguas por la posible polución bacteriana del agua tratada y por la permanencia de residuos orgánicos tras el tratamiento del agua. Una nueva técnica de tratamiento es la basada en procesos catalíticos, más adecuada desde el punto de vista ambiental y que permitiría eliminar un agua contaminada por nitratos sin generar residuos. Este proceso se basa en la reducción catalítica de los nitratos a nitrógeno. En esta técnica el nitrato es convertido en una sustancia inerte como el nitrógeno (que constituye alrededor del 78% del aire) y no se tienen que generar ningún subproducto que deba ser tratado. Esta técnica inicio a desarrollarse a partir de 1989, con la obtención avanzada de la actividad del catalizador bimetálico de cobre-paladio en la reducción de los nitratos de aguas naturales.

En este proceso los nitratos son reducidos por el hidrógeno en presencia de un catalizador sólido y se transforman en nitrógeno y agua a temperatura ambiente. El problema es que además de que el paladio es un metal caro, durante la reacción se observó que se podían producir sustancias nocivas como los nitritos y el amonio, por lo que este catalizador no podía ser utilizado a nivel comercial hasta resolver este problema. No obstante, aunque esta técnica aún no es comercial, se está estudiando como alternativa a las técnicas tradicionales de separación. (Palomares, 2013)²⁰

2.2.12. Ciclo del nitrógeno en los seres vivos

Los organismos emplean el nitrógeno en la síntesis de proteínas, ácidos nucleicos (ADN y ARN) y otras moléculas fundamentales del metabolismo.

su reserva se encuentra en la atmósfera, donde se presenta en forma de N_2 , esta molécula es inservible para la mayoría de los seres vivos (exceptuando algunas bacterias).

Los microorganismos que tienen la capacidad de usar el N_2 del aire juegan un papel importante en el ciclo de este elemento al permitir la fijación del nitrógeno, así convierten el N_2 en otras formas químicas (nitratos y amonio) asimilables por las plantas. El amonio (NH_4^+) y el nitrato (NO_3^-) lo toman las plantas por las raíces para su metabolismo. utilizan los átomos de N para la

²⁰ Antonio E. Palomares. 2013. Esfera del Agua, CSIC / Ministerio de Economía y Competitividad.España. © 2013 Todos los derechos reservados, Contacto: agua2013@csic.es <http://www.esferadelagua.es/agua-y-tecnologia/contaminacion-del-agua-por-nitratos-y-tecnicas-para-su-tratamiento>

formación de las proteínas y ácidos nucleicos. Los animales captan su nitrógeno al ingerir a las plantas o a otros animales, en el metabolismo de los compuestos nitrogenados en los animales termina formándose ión amonio que es muy tóxico y tiene que ser eliminado. Esta eliminación se realiza en forma de amoniaco (algunos peces y organismos acuáticos), o en forma de urea (el hombre y otros mamíferos) o en forma de ácido úrico (aves y otros animales de zonas secas). Estos compuestos llegan a la tierra o al agua de donde se disponen de nuevo para las plantas o ser usados por algunas bacterias.

Algunos microorganismos sintetizan amoniaco en nitrito y otras en nitrato, una de estas bacterias (*Rhizobium*) se desarrolla en nódulos de las raíces de las leguminosas (frijoles, albrejas, etc.) y son plantas interesantes para hacer fijación natural de nitrógeno en los suelos. Donde existe un exceso de materia orgánica en el mantillo, en condiciones anaerobias, hay otras bacterias que ocasionan desnitrificación, transformando los compuestos de N en N_2 , lo que hace posible el retorno del nitrógeno desde el ecosistema hacia la atmósfera. Entonces, el producto final luego del proceso de degradación de los compuestos nitrogenados en el suelo es el nitrógeno, en forma de N_2 que retorna a la atmósfera. (Querelle, 2015)²¹

2.2.13. Revolución verde y nitratos

Se estima que la agricultura se establece aproximadamente hace diez mil años. La evidencia más antigua que se posee de la actividad agrícola se ubica

²¹ Querelle. 2015. PROFESOR EN LINEA. Cia Ltda Registro N° 188.540 Santiago de Chile
http://www.profesorenlinea.com.mx/Ciencias/Ciclo_del_nitrogeno.htm

en lo que ahora se conoce como Irak, territorio que pertenecía antiguamente a Mesopotamia. Desde entonces y hasta inicios del siglo xx, las repercusiones ambientales de la agricultura se conoce que fueron mínimas; pero, a partir de la Revolución Industrial y de la “revolución verde” el daño de la agricultura al ambiente y a la salud humana se ha incrementado. Ciertamente, los problemas derivados de las prácticas agrícolas son tan antiguos como la agricultura misma, pero la diferencia se encuentra en la magnitud que actualmente alcanza.

El efecto de la “revolución verde” en el cultivo mundial de alimentos es innegable. Entendemos por “revolución verde” a los cambios tecnológicos y al modo de desarrollar la agricultura como resultado de la transferencia, innovación y difusión de desarrollos agrícolas tecnológicos. En las últimas cinco décadas, la agricultura mundial se ha orientado hacia el paradigma de la “revolución verde”, la cual ha implicado un aumento y dependencia de insumos sintéticos, intensificación y búsqueda de una mayor tasa de retorno financiero. Sin embargo, con la preocupación de elevar productividad y rentabilidad agrícola, se ha contribuido grandemente al daño ambiental. Tanto la agricultura tradicional como la moderna o industrial han brindado un efecto considerable en el ambiente. Los países desarrollados lograron aumentar de manera significativa y permanente los rendimientos de sus cultivos, no así los subdesarrollados, en los cuales las producciones van a la baja debido entre otras cosas al deterioro de los recursos naturales. La recuperación de la agricultura mundial, los gobiernos y la sociedad en su conjunto, son los de satisfacer la demanda de alimentos y equilibrar niveles sustentables de los recursos naturales (suelo, agua, vegetación, fauna)

Se estima que las plantas sólo captan del 25 al 85% del **nitrógeno** aplicado (según cultivo, prácticas agrícolas, y condiciones edafológicas específicas). Esto ocasiona que muchas de las veces la incorporación de fertilizantes sea inadecuada o excesiva, dando como resultado la pérdida de los mismos por el agua o lixiviación. La incorporación de fertilizantes con nitratos solubles se traduce directamente en un incremento de nitrato (NO_3^-) en mantos freáticos, lo cual tiene repercusiones negativas en la salud humana y la calidad ambiental. El ingreso de nitratos al organismo puede causar metahemoglobinemia o el síndrome de “blue baby” y tiene que ver también con el desarrollo de cáncer estomacal. Hay una correlación estrecha entre el uso excesivo de fertilizantes nitrogenados y la presencia de nitratos en el agua por encima de los límites permisibles, de 50 mg/l, de acuerdo a la Organización Mundial de la Salud (OMS) y de 22 mg/l para la norma mexicana.

Hasta años recientes el problema de polución de mantos freáticos por nitratos era tomado en cuenta sólo un problema de las áreas rurales, pero hoy en día presenta un impacto también en las urbanas. Un estudio de caso en el área rural en el estado de Yucatán indicó que la concentración de nitratos fluctuó de cero a 223 mg/l, con un promedio de 60 ± 46 mg/l. En otro estudio en la zona central del estado de Veracruz, se registraron concentraciones de nitrato por encima de la norma nacional e internacional. En ambos casos el contaminante ubicado fue el nitrógeno disuelto en forma de nitrato.

Nitratos y fosfatos con origen en fertilizantes solubles son causa de eutroficación de ríos y lagos, un proceso de explosión de fitovida en el agua con nutrientes provenientes de enmiendas minerales u orgánicos, que ocasiona un aumento explosivo de algas y una posterior pérdida de oxígeno del agua cuando

las algas perecen, efecto que ocasiona que los organismos acuáticos como los peces mueran. En los últimos años se muestra un decremento en el uso de fertilizante, particularmente en países desarrollados. Hoy en día, a través de lo que se indica como una “agricultura de precisión”, se desarrolla una variación espacial de incorporación de fertilizantes en función de la fertilidad del suelo, la necesidad del cultivo y de otros parámetros. Este conjunto de prácticas alcanza mitigar los problemas de contaminación del ambiente. Tradicionalmente, el cultivo de leguminosas o plantas fijadoras de nitrógeno logra contribuir a reducir las aplicaciones de nitrógeno mineral, mientras que la promoción de micorrizas logra, por su parte, hacer más disponible el fósforo del suelo a las plantas cultivadas, opciones que pueden ser más exploradas y empleadas. (Pérez et al., 2009)²²

2.2.14. Nitrógeno y cambio climático

Si bien se atribuye al dióxido de carbono originado de la combustión del petróleo, gas natural y carbón la máxima causante del cambio climático, no es innegable el aporte de algunas especies reactivas de nitrógeno, especialmente el óxido nitroso, originadas de la propia utilización de dichos combustibles y del uso masivo de los fertilizantes nitrogenados. Una cantidad significativa de este abonado termina como amonio y óxidos de nitrógeno en el aire donde, además de alterar la capa de ozono, aportan al incremento del efecto invernadero. Parte de los óxidos, además, disueltos en el vapor de agua resultan como ácido nítrico

²² Arturo Pérez Vázquez y Cesáreo Landeros Sánchez, Colegio de Postgraduados, Campus Veracruz Línea de Investigación en Agroecosistemas Sustentables, Elementos No. 73, Vol. 16, Enero - Marzo, 2009, Página 19, Agricultura y deterioro ambiental. *email: parturo@colpos.mx*

que se precipita como lluvia ácida. Pero el papel del nitrógeno es bastante más complejo y claroscuro.

Desde el inicio de la revolución industrial, el hombre ha ido produciendo cada vez más el nitrógeno molecular, inactivo, de la atmósfera en sus formas reactivas, tales como amonio, principalmente para usarlo como fertilizante, alterando su ciclo biogeoquímico, perfectamente equilibrado cuando sólo había fijación biológica de nitrógeno y la práctica del abonado orgánico. El contenido en óxido nitroso en la atmósfera se ha elevado un 8 por ciento desde que inicio la revolución industrial y aumenta de un 0,2 a 0,3 por ciento anualmente ocupando en la actualidad a estar entre 0,5 y 1,2 por ciento. Aunque este porcentaje es poco si se le compara con el CO₂, atribuye con el 6 por ciento al efecto invernadero pues posee un potencial global de calentamiento 200-300 veces superior el dióxido de carbono. Por otra parte, su transformación a óxido nítrico le lleva a dañar la capa de ozono al catalizar las reacciones de los compuestos clorados y bromados que eliminan el O₃. Se ha creído que la fuente de ese enriquecimiento del aire en óxido nitroso era el incremento de la utilización de los combustibles fósiles, sin embargo, es ahora sentir general que, de forma principal, su origen es la actividad microbiana del suelo y mares enriquecidos en nitrógeno por la aplicación masiva de los fertilizantes nitrogenados. Aunque esto ha supuesto un considerable subida en la producción de alimentos ha llevado consigo efectos colaterales no deseables, tales como el mencionado aporte al cambio climático o a la creciente contaminación del medio, tercera amenaza para nuestro planeta después de dicho cambio climático y la degradación de biodiversidad. Más de la mitad del fertilizante aplicado termina en ríos, lagos y mar aportando a la eutrofización de aquellos y al descontrolado

desarrollo de algas en las plataformas marinas. Pero el enriquecimiento en nitrógeno reactivo que presenta tan mala imagen, puede ser por otro lado, la base, aunque en esto hay todavía bastante controversia, del misterio de por qué la concentración de CO₂ en el aire no crece paralelamente a la cantidad de gas liberado. Este nitrógeno está permitiendo incrementar la retención de más CO₂ por los organismos fotosintéticos constituyendo un sumidero importante del gas liberado por la industria y el transporte.

El sistema global tiende a presentar equilibrio, pero por mas que se resista al cambio, la mano del hombre logra llevar al desequilibrio irreversible, por lo que es urgente no sólo controlar el uso de las fuentes de CO₂, sino también la producción y aplicación de los fertilizantes nitrogenados.(Ibáñez, 2010).

2.2.15. Importancia del nitrógeno en la nutrición del maíz

El nitrógeno es un nutriente esencial que limita el rendimiento del maíz, un macronutriente que interviene en la síntesis de proteínas y por ello es vital para toda la actividad metabólica de la planta. Su ausencia provoca reducciones severas en el crecimiento del cultivo, básicamente por una menor tasa de crecimiento y expansión foliar que merman la captación de la radiación fotosinteticamente activa. La poca disponibilidad de nitrógeno se evidencia por clorosis (amarillamiento) de las hojas más viejas. (Torres, 2015)

2.2.16. Criterio de balance de nitrógeno para determinar las necesidades de fertilización

El maíz requiere alrededor de 20 -25 kg/ha de nitrógeno (N) por cada tonelada de grano producida. Por ello, al producir por ejemplo 10.000 kg/ha de grano, el cultivo debe tener disponible de alrededor de 200-250 kg, esta cantidad estaría en la demanda de nitrógeno para el rendimiento mencionado. La oferta de nitrógeno para cubrir las necesidades nitrogenadas proviene de varios componentes:

- a) Nitrógeno mineralizado de la materia orgánica humificada: la cantidad de nitrógeno mineralizado durante el ciclo del cultivo varía según temperatura, humedad y tipo de suelo.
- b) Nitrógeno del fertilizante: en el caso de que el nitrógeno inicial calculado medido por análisis de suelos a la siembra (nitratos) y el nitrógeno contenido en la materia orgánica humificada sean menores al requerido por el cultivo, se tiene que aumentar la diferencia para obtener equilibrio (oferta de nitrógeno/demanda de nitrógeno), el volumen de fertilizante adicional a partir de este procedimiento denominado "criterio de balance, tendrá que ser ajustado por el tipo de fertilización. La magnitud de la misma esta en relación al tipo de enmienda y del manejo (fuente, tecnología de aplicación, momento de fertilización, etc.), el manejo del fertilizante tendría que contemplar qué pérdidas de nitrógeno se pueden presentar y diseñan la estrategia

de fertilización que minimice la incidencia global de las mismas (Torres, 2015)²³

2.2.17. Formas de pérdida de nitrógeno

a) Volatilización de amoníaco:

Esta pérdida se ocasiona en aplicaciones de urea o fertilizantes que presentan urea en su composición o incorporación de fertilizantes amoniacales en suelos con pH elevados. Cuando la urea se hidroliza en el suelo, se eleva el pH alrededor de los gránulos del fertilizante obteniendo pHs de 8.5 desplazando el balance del amonio hacia el amoníaco, que se pierde como gas. La enzima que cataliza la hidrólisis de la urea en el suelo es la ureasa. La concentración de esta enzima es muy elevada en los rastros que en suelo. Por ello, la aplicación de urea sobre residuos eleva la tasa de pérdida de nitrógeno por esta vía, siempre que el ambiente sea predisponente. Los otros factores que predisponen el extravío por volatilización son la temperatura (mayores a 15-18 °C), dosis de nitrógeno, vientos, pH del suelo, etc. Una vez incorporado el fertilizante (ya sea por un implemento agrícola o por las lluvias y/o riego) la magnitud del extravío se reduce significativamente. En aplicaciones de fertilizantes en V6 hay que considerar las condiciones ambientales mencionadas para saber cuál fuente de fertilizante se utilizara y/o la dosis de nutriente a aplicar.

²³ Ing. Agr. Martín Torres Duggan Ingeniero Agrónomo. Técnico Proyecto Fertilizar EEA INTA Pergamino. Fertilización Nitrogenada del Cultivo de Maíz.
mtorresduggan@pergamino.inta.gov.ar

b) Lixiviación de nitratos:

Esta pérdida se produce el lavado de nitratos por el agua de percolación del suelo por debajo de la zona de aprovechamiento de las raíces. Para que se origine la misma es necesario un flujo vertical de agua en el perfil del suelo saturado suscitado por lluvias intensas o el riego. Esto resulta mas importantes en suelos arenosos por la mayor movilidad vertical de los nitratos. Considerando que nos encontramos frente a un ciclo climático húmedo, los pronósticos meteorológicos de corto plazo a nivel local tendrían que considerarse en las decisiones de fertilización a campo. Hay varios factores que inciden en forma integral en la magnitud de las pérdidas de nitrógeno por lixiviación de nitratos: tipo de suelo (textura, permeabilidad, etc.), cobertura de residuos o de cultivos; disponibilidad de nitratos en el suelo; intensidad de la lluvia y/o riego; etc. En términos generales, un excedente o balance positivo de agua en el sistema suelo-planta ocasiona una salida neta de nitratos fuera del sistema suelo-planta. La estrategia de manejo del fertilizante tendría que procurar aplicar el nitrógeno escapando a los eventos de lluvias intensas o en etapas en donde el cultivo comienza a consumir agua y nutrientes en forma más intensa. En el caso del maíz, a partir de V6-7 inicia una etapa de crecimiento activo y por ende esta etapa fenológica resultaría un buen momento para adicionar nitrógeno. En aplicaciones a la siembra o de pos emergencia, de presentarse eventos de lluvias intensas (comunes en esta época) podrían mermar el aprovechamiento del nitrógeno fertilizado. En el caso de sistemas bajo riego, la lámina de agua aplicada no debería sobrepasar la demanda real de evapotranspiración del

cultivo para obviar la migración de los nitratos fuera de la zona de aprovechamiento radical del cultivo.

c) Desnitrificación:

Este proceso tiene poca existencia en el cultivo de maíz. Se muestra en condiciones de excesos hídricos prolongados en el suelo que ocasionan anaerobiosis que generan la reducción de los nitratos a óxidos de nitrógeno y en casos extremos a nitrógeno molecular (N_2). Este mecanismo de pérdida se hace presente cuando la humedad del suelo se incrementa por encima de 60% de la capacidad de campo (Torres, 2015)

2.2.18. Fertilizantes nitrogenados

Al momento de escoger que fuente de fertilizante conviene utilizar es necesario tener en cuenta, entre otras cosas, las características del suelo, y las reacciones y transformaciones de los productos. Algunas fuentes de fertilizantes nitrogenados como las amoniacales producen un residuo que provoca cierta acidez al suelo. Es llamado el mayor efecto acidificante del sulfato de amonio respecto del nitrato de amonio y la urea. A pesar de todo, no se puede atribuir este efecto en todos los suelos, normalmente la capacidad amortiguadora de los suelos arcillosos logra que la acidez inducida por estas tres fuentes sea menor, particularmente en el caso del Sulfato de Amonio (Chien, 2001).

2.2.18.1. Acidificación de los fertilizantes nitrogenados

Durante el proceso de nitrificación del NH_4 del fertilizante a NO_3 se desenasan iones H^+ que logran producir acidez en el suelo. El grado de acidez que obtiene depende de la fuente de N que se utiliza. Entre los fertilizantes nitrogenados de uso más frecuente se encuentran la urea, el nitrato de amonio y el sulfato de amonio. Durante su reacción en el suelo, la transformación da como resultado la generación de igual cantidad de N con las tres fuentes, pero los protones liberados son mayores para el sulfato de amonio. Así, sabemos que por cada mol de sulfato de amonio se liberan 4 unidades (moles) de H^+ , mientras que cada unidad (mol) de urea y nitrato de amonio genera solo 2 moles de H^+ . Por lo tanto, si a un suelo le adicionamos una cantidad determinada de N/ha con cada una de estas tres fuentes, la acidez inducida por la nitrificación del producto tendría que seguir el siguiente orden sulfato de amonio > urea = nitrato de amonio.

2.2.19. Factores que afectan la solubilidad en el nitrato

La naturaleza del soluto y del solvente, la temperatura y la presión: no existe una regla fija que permite fijar una generalización en cuanto al fenómeno de la disolución. Cuando un soluto es sumado en un solvente se da un proceso de difusión de las moléculas del soluto hacia el seno de las moléculas del soluto y del solvente, lo cual sucede solo y cuando entre las moléculas del soluto y del solvente se generan fuerzas interactivas capaces de vencer las fuerzas intermoleculares existentes en el cuerpo a dispersar.

Es por ello que los solventes polares logran diluir a las sustancias de polaridad semejante, aunque este proceso puede ser interferido por la existencia de moléculas más voluminosas que las del solvente y por lo tanto, la presencia de fuerzas intermoleculares superiores a las que podrían establecerse entre el soluto y el solvente. (Guillen, 2013)³⁰

a) Efecto de la temperatura

Generalmente un aumento de temperatura facilita el proceso de disolución de un soluto. Lo que se explica por los siguientes hechos:

- a. El calor suministrado al sistema aumenta la velocidad de difusión de las partículas del soluto en el seno del solvente.
- b. El calor suministrado es absorbido por las moléculas del soluto, debilitándose las fuerzas intermoleculares y facilitándose el proceso de solvatación.

b) Efecto de la presión

Este es un factor que tiene efecto apreciable en la solubilidad de gases.

NO₃- Todos los nitratos son solubles en agua. (Guillen, 2013)²⁴

²⁴ Juan C. Guillen. 2013. Facultad de Farmacia y Bioanálisis, Escuela de Farmacia, Departamento de Análisis y Control, Cátedra de, Análisis Farmacéutico, Laboratorio de Química General, Mérida- RB de Venezuela. REGLAS DE SOLUBILIDAD. http://webdelprofesor.ula.ve/farmacia/juanguillen/PDF/Teoria/Tema_3/tema3

2.2.20. Nitratos inorgánicos

Los nitratos inorgánicos moldean parte esencial de los abonos. Las plantas los cambian de nuevo en compuestos orgánicos nitrogenados como los aminoácidos. Muchas plantas reúnen los nitratos en sus cuerpos verdes y si se aprovechan como alimentos cocidos existe peligro de que otros organismos los convierta en nitritos por reducción, que a su vez producen nitrosaminas que son cancerígenas (UNAM, 2009)²⁵

2.2.21. Relación carbono/nitrógeno

La relación del carbono con el nitrógeno es un valor numérico que precisa la proporción de Carbono/Nitrógeno que se presenta en un suelo. El carbono y el nitrógeno son dos elementos esenciales para el desarrollo de la vida ya que afectan directa o indirectamente a todos los procesos biológicos. El carbono adherido por la biomasa proviene del CO₂ atmosférico, reducido durante el proceso de fotosíntesis por las plantas, y suele fluctuar en torno a un 50-60% de la materia orgánica. Sin embargo, el porcentaje de nitrógeno es muchísimo menor que el porcentaje de carbono. Debido a este y a la competencia que ejercen los distintos seres vivos para la obtención del elemento, puede ser un factor atenuante. La relación C/N se utiliza para medir la biomasa y la evolución de la materia orgánica en los estudios de fertilidad del suelo (Mula, 2016)²⁶

²⁵ UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO , FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLÁN, Ingeniería en Alimentos , Química General , Nitritos y Nitratos en procesos , Rodríguez Montoya Rosa Maribel , Octubre de 2009.

²⁶ ANTONIO MULA 2016, El huerto en estado puro, Relacion carbono nitrógeno, <https://www.agromatic.es/relacion-cn-o-carbono-nitrogeno/>Esta página fue modificada por última vez el 15 mayo 2016 a las 22:59.

2.2.22. Protocolo de monitoreo de la calidad de los recursos hídricos autoridad nacional del agua – DGCRH

2.2.22.1. Metodología de monitoreo

Antes de iniciar el proceso de monitoreo es necesario saber cual es el cuerpo de agua donde se desarrollará el monitoreo y delimitar aspectos importantes que definan la calidad del recurso hídrico. Esto apoyara a definir los parámetros a controlar, el número de puntos para monitorear, la frecuencia de monitoreo y producir un plan de trabajo consolidado para el desarrollo del monitoreo, considerando el empleo principal que tengan los recursos hídricos en estudio de acuerdo a la resolución Jefatural N° 202-2010-ANA que accede la clasificación de los cuerpos de agua superficial y marinos costeros y el Decreto Supremo N° 002-2008- MINAM que aprueba los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua (PMCRH, 2016).

2.2.22.2. Aguas continentales

La calidad de las aguas continentales presenta variaciones en función de los procesos morfológicos, hidrológicos, químicos y biológicos a los que se haya expuesto. Así como, su entorno físico, tales como: las precipitaciones, escorrentías, material solido transportado, el agua subterránea y la atmosfera en general. También las actividades antropogénicas pueden afectar considerablemente la calidad de los cuerpos de agua natural, a través de los vertimientos de aguas residuales industriales y domésticas, movimiento de tierras, erosión, uso de pesticidas y obras hidráulicas, etc. (PMCRH, 2016)

Vigilancia de los cuerpos de agua para determinar el impacto que ocasionan las aguas residuales procedentes de las actividades económicas y poblacionales:

TABLA N° 02 ECAS CATEGORIA 04 CONSERVACION DEL AMBIENTE

PARAMETROS	UNIDAD DE MEDIDA	E2. RIOS
		COSTA Y SIERRA
NITRATO (NO ₃ -)	Mg/L	13
TEMPERATURA	°C	Δ 3

FUENTE ECA AGUA DS: 004 – 2017 - MINAM

Δ 3: significa variación de 3 grados Celsius respecto al promedio mensual multianual del área evaluada.

2.2.22.3. Selección de puntos de monitoreo

2.2.22.3.1. Aguas Continentales

La definición de los puntos de monitoreo depende de los objetivos que se requiera alcanzar.

Para el establecimiento de la Línea Base se deben considerar los principales cuerpos de agua del área de influencia de la zona de estudio, que determinará la probabilidad del impactado causado por las actividades económicas y poblacionales.

Según el tipo de fuente de agua, se debe considerar los siguientes criterios generales:

- Ubicación de las fuentes contaminantes (vertimientos de aguas residuales industriales y domésticas, terrenos agrícolas, botaderos de residuos sólidos, pasivos ambientales mineros, etc).
- Determinar la naturaleza geológica en la cuenca.

- Ubicación de las fuentes de captación de agua para consumo humano y riego.
- Accesibilidad a los puntos de muestreo (rápido y seguro) y la representatividad, es decir que el punto de muestreo debe ser ubicado en un lugar que presente un flujo regular (sin turbulencia y de profundidad homogénea) y que permita el aforo y de ser posible permita tener una referencia para su futura ubicación. El uso de imágenes satelitales son de gran ayuda al momento de tomar la mejor decisión de donde ubicar los puntos de monitoreo, sin embargo la ubicación definitiva debe realizarse en campo.
- Adicionalmente, los puntos de monitoreo se ubicaran aguas arriba de cualquier cruce de las carreteras con el cuerpo de agua, salvo que sea objetivo de la evaluación. (PMCRH, 2016)²⁷

a. Ríos y quebradas

- Debe ubicarse un punto de monitoreo en la naciente del recurso hídrico que generalmente se inicia en la cabecera de cuenca, que servirá como punto de referencia (blanco).
- Los puntos de monitoreo deben ser ubicados aguas arriba y aguas abajo de una descarga de agua residual.
- Punto de monitoreo aguas arriba debe estar ubicado a una distancia suficientemente lejos de la descarga de agua residual, para asegurar que no influya en las características naturales de

²⁷ PROTOCOLO DE MONITOREO DE LA CALIDAD DE LOS RECURSOS HIDRICOS
AUTORIDAD NACIONAL DEL AGUA – DGCRH. 2016, pág. 8

cuerpo de agua, se sugiere una distancia de 50 a 100 m de acuerdo a la accesibilidad y otros componentes que alteren el recurso hídrico en estudio.

- Punto de monitoreo aguas abajo para ubicar este punto de monitoreo se recomienda realizar las mediciones consecutivas de los parámetros de campo (temperatura, conductividad y pH) hasta llegar a definir la zona de mezcla completa del efluente en el cuerpo receptor, se sugiere una distancia de 100 a 500 m de acuerdo a la accesibilidad, caudal, capacidad de depuración de recurso y otros componentes que alteren sus características naturales del recurso hídrico en estudio. (PMCRH, 2016)²⁸

2.2.22.4. Frecuencia del monitoreo

Los cambios que de manera natural o de forma inducida ocurren en el cuerpo de agua determinará la frecuencia de monitoreo. Lo que se trata es de medir los cambios sustanciales que ocurren en el tiempo (en determinados periodos) para establecer un nivel de referencia, hacer el seguimiento periódico y realizar el pronóstico de las variaciones de los parámetros físico químicos, orgánicos, microbiológicos y de caudal que ocurren en el cuerpo de agua.

Adicionalmente se requiere la evaluación periódica de los resultados recientes para determinar la necesidad de incluir parámetros adicionales o variar

²⁸ PROTOCOLO DE MONITOREO DE LA CALIDAD DE LOS RECURSOS HIDRICOS
AUTORIDAD NACIONAL DEL AGUA – DGCRH. 2016, pág. 9

la frecuencia de monitoreo o si alguno de los parámetros debe suprimirse o analizarse con menor o mayor frecuencia.

Se deberá estar preparado para cambiar la frecuencia de monitoreo en respuesta a los datos o las observaciones de campo. Es recomendable hacer el monitoreo inicialmente con mayor frecuencia, identificar todas las variables y luego disminuir la frecuencia en forma apropiada. (PMCRH, 2016)²⁹

2.2.22.5. Metodología de muestreo

La etapa de recolección de muestras es de trascendental importancia. Los resultados de los mejores procedimientos analíticos serán inútiles si no se recolecta y manipula adecuadamente las muestras. (PMCRH, 2016)³⁰

- **Aguas superficiales**

Las muestras de agua deberán recogerse lo más cerca al centro del cuerpo de agua (río, quebrada) y en contra de la corriente al flujo de agua, evitando alterar las condiciones reales. Cuando no se presente las condiciones apropiadas para el recojo de muestras del cuerpo de agua, se podrá hacer uso de un brazo telescópico debidamente diseñado para el recojo de muestras lo más alejado de la orilla, donde la turbulencia sea mínima y el cuerpo presente condiciones homogéneas.

²⁹ PROTOCOLO DE MONITOREO DE LA CALIDAD DE LOS RECURSOS HIDRICOS
AUTORIDAD NACIONAL DEL AGUA – DGCRH. 2016, pág. 10

³⁰ PROTOCOLO DE MONITOREO DE LA CALIDAD DE LOS RECURSOS HIDRICOS
AUTORIDAD NACIONAL DEL AGUA – DGCRH. 2016, pág. 10

En los casos en que no es posible recoger las muestras del centro del río, por los riesgos que representan las corrientes fuertes, la profundidad, falta de implementos de seguridad o el apoyo logístico necesario, se deberá ubicar el punto en zona de orilla o en una zona apropiada para la toma de muestra. (PMCRH, 2016)³¹

2.2.22.6. Medición de flujo volumétrico

El caudal nos informa sobre la cantidad de elementos, compuestos y sustancias presentes en el cuerpo de agua en un momento determinado. También es importante pues informa sobre la capacidad de autodepuración que presenta el agua y sobre el cambio en las características de la calidad de agua. (PMCRH, 2016)³²

a) Aguas superficiales

Los caudales de los cuerpos de agua natural pueden ser estimados utilizando un medidor de velocidad (correntómetro) para determinar la velocidad superficial del agua y luego efectuando la medición del área transversal del curso de agua.

La dificultad para medir el flujo de agua radica principalmente en la medición del área transversal debido a la poca homogeneidad del cauce,

³¹ PROTOCOLO DE MONITOREO DE LA CALIDAD DE LOS RECURSOS HIDRICOS
AUTORIDAD NACIONAL DEL AGUA – DGCRH, 2016 pág. 11

³² PROTOCOLO DE MONITOREO DE LA CALIDAD DE LOS RECURSOS HIDRICOS
AUTORIDAD NACIONAL DEL AGUA – DGCRH. 2016, pág. 12

presencia de piedras, profundidad y turbulencia. Sin embargo es posible hacer una aproximación al caudal real a través de las siguientes recomendaciones:

- Buscar el tramo del cuerpo de agua más cercano al punto de monitoreo que presente un cauce lo más homogéneo posible.
- En la medida de lo posible, retirar los materiales u objetos que obstruyan el paso de agua.
- Realizar las lecturas de velocidad en los márgenes izquierdo, derecho y centro del cuerpo de agua, lo largo de la línea transversal. Considerar las lecturas a media altura de cada profundidad.
- Tomar las medidas de las alturas respectivas en cada punto de medición de velocidad. Luego realizar la medición del ancho del cuerpo de agua usando una cinta métrica (wincha).
- Los resultados de las mediciones de caudal se determinaran utilizando el promedio de los valores obtenidos. (PMCRH, 2016)³³

2.2.22.7. Actividades de monitoreo

2.2.22.7.1. Trabajo de pre campo

³³ PROTOCOLO DE MONITOREO DE LA CALIDAD DE LOS RECURSOS HIDRICOS
AUTORIDAD NACIONAL DEL AGUA – DGCRH. 2016, pág. 13

El trabajo de campo se inicia con la preparación del material necesarios para la toma de muestra y la selección del personal capacitado para el desarrollo del monitoreo. En ocasiones los cuerpos de agua a evaluar se encuentran distantes y alejados de las ciudades, es por ello que es necesario verificar con una lista de chequeo (check list) que se tienen todos los implementos para salir al campo.

Es necesario contar con un mapa de la cuenca donde se ha establecido previamente los puntos de monitoreo considerados. De ser posible, las coordenadas de cada punto deben ser introducido en un GPS para facilitar su ubicación. En caso que los puntos de monitoreo se encuentren en un lago, laguna o mar, también será necesario tener un mapa de los puntos de monitoreo ubicados en los transectos a evaluar.

El trabajo de pre campo consiste en preparar con anticipación los materiales de laboratorio, buffers de pH y conductividad, plan de trabajo, lista de chequeo, formatos de campo (hoja de campo), equipos portátiles, mapa con los puntos de monitoreo, movilidad, baterías de equipos, etc. Este trabajo previo tiene como objetivo cubrir todo los elementos indispensables para llevar a cabo un monitoreo de forma efectiva. (PMCRH, 2016)³⁴

³⁴ PROTOCOLO DE MONITOREO DE LA CALIDAD DE LOS RECURSOS HIDRICOS
AUTORIDAD NACIONAL DEL AGUA – DGCRH. 2016, pág. 14.

2.2.22.7.2. Trabajo de campo

Al llegar al punto de muestreo se debe hacer una observación previa del lugar, para establecer el punto más apropiado para recolectar la muestra y continuar con los siguientes pasos:

- Anotar las observaciones del cuerpo de agua (color, presencia de residuos, olor, presencia de vegetación acuática, presencia de vegetación ribereña, actividades humanas, presencia de animales, etc).
- Tomar lectura de las coordenadas del punto de muestreo e indicar el sistema al cual corresponde.
- Preparar los frascos a utilizar de acuerdo con la lista de parámetros a evaluar.
- Las muestras de agua serán recolectadas y preservadas teniendo en cuenta cada uno de los parámetros considerados.
- Proceder con el rotulado de los frascos. El transporte de los frascos, agua destilada y preservantes debe realizarse de preferencia en coolers para evitar su contaminación.
- Almacenar las muestras en el recipiente térmico (cooler) de forma vertical y considerando que los frascos de vidrio se encuentren apropiadamente protegidos evitando su rompimiento.

- Tomar las lecturas de los parámetros de campo (T, pH, C.E, O.D, TSD, Turbiedad, etc). las mediciones pueden ser realizadas directamente en el cuerpo de agua siempre y cuando las condiciones lo permitan (seguridad de equipos y representatividad de la lectura) o de lo contrario tomar una muestra en un recipiente apropiado para lecturas considerando que la lectura del O.D se debe realizar de manera inmediata.
- De ser parte del programa de monitoreo la lectura del caudal podrá ser realizado considerando los criterios antes mencionados.
- Llenar la cadena de custodia debidamente con la información recogida durante los trabajos realizados. De ser necesario el envío de muestras peresibles (coliformes, DBO, etc) al laboratorio para su análisis, estas deben ir acompañadas de su respectiva cadena de custodia.
- Al finalizar la campaña de monitoreo las muestras de agua deberán ser transportadas hasta el laboratorio debidamente refrigeradas con Ice pack, llevando consigo la cadena de custodia. (PMCRH, 2016)³⁵

³⁵ PROTOCOLO DE MONITOREO DE LA CALIDAD DE LOS RECURSOS HIDRICOS
AUTORIDAD NACIONAL DEL AGUA – DGCRH. 2016, pág. 15

2.2.22.7.3. Toma de muestras por parámetro

Las muestras de agua deberán ser recogidas en frascos de plástico o frascos de vidrio, lo cual dependerá del parámetro a analizar. Asimismo el volumen necesario de muestra queda determinado por método analítico empleado por el laboratorio responsable de los análisis.

Para la toma de muestras en ríos evitar las áreas de turbulencia excesiva, considerando la profundidad, la velocidad de la corriente y la distancia de separación entre ambas orillas.

- La toma de muestra se realizará en el centro de la corriente a una profundidad de acuerdo al parámetro a determinar.
- Para la toma de muestras en lagos y pantanos, se evitará la presencia de espuma superficial.
- La toma de muestras, se realizará en dirección opuesta al flujo del recurso hídrico.
- Considerar un espacio de alrededor del 1% aproximadamente de la capacidad del envase (espacio de cabeza) para permitir la expansión de la muestra.

La forma de tomar cada muestra dependerá de los parámetros a analizar. Así tenemos: (PMCRH, 2016)³⁶

a) Parámetros Físico Químicos – inorgánicos

Generalmente estas muestras pueden ser tomadas en frascos de plástico directamente del cuerpo de agua. Antes se debe realizar el enjuague del frasco con un poco de muestra, agitar y desechar el agua de lavado corriente abajo. Este procedimiento tiene por finalidad la eliminación de posibles sustancias existentes en el interior del frasco que pudieran alterar los resultados. La muestra de estos parámetros deberá provenir del interior del cuerpo de agua en los primeros 20 cm de profundidad a partir de la superficie. Tener en cuenta que las muestras se toman en contra corriente y colocando el frasco con un ángulo apropiado para el ingreso de agua. Estas muestras no requieren ser llenadas al 100%, pero en caso se requiera la adición de preservante se dejara cierto volumen libre para la adición del preservante respectivo. Luego de cerrar el frasco es necesario hacer la homogenización de muestra, mediante agitación. En todo momento evitar tomar la muestra cogiendo el frasco por la boca.

En el caso de la toma de muestra para determinar Metales Pesados, se utilizará frascos de plástico de boca ancha con cierre hermético, limpios de un litro de capacidad. Abrir el envase y sumergirlo a unos 20 cm por debajo de la superficie y luego preservar.

³⁶ PROTOCOLO DE MONITOREO DE LA CALIDAD DE LOS RECURSOS HIDRICOS
AUTORIDAD NACIONAL DEL AGUA – DGCRH. 2016, pág. 15

En la toma de muestra para determinar Mercurio y Arsénico se empleará frascos de plásticos de boca ancha con cierre hermético, limpios y de 1 litro de capacidad.

Abrir el envase y sumergirlo a unos 20 cm por debajo de la superficie y luego preservar; así mismo mantener la muestra en cajas protectoras de plástico a 4 °C aproximadamente. (PMCRH, 2016)³⁷

b) Preservación de las muestras de agua:

Una vez tomada la muestra de agua, se procede a adicionarle el preservante requerido de acuerdo a lo estipulado en el Anexo I “Requisitos para toma de muestras de agua y preservación”.

Una vez preservada la muestra, cerrar herméticamente el frasco y para mayor seguridad encintar la tapa para evitar cualquier derrame del líquido.

³⁷ PROTOCOLO DE MONITOREO DE LA CALIDAD DE LOS RECURSOS HIDRICOS
AUTORIDAD NACIONAL DEL AGUA – DGCRH. 2016, pág. 17

c) Identificación de las muestras de agua:

Los recipientes deben ser identificados antes de la toma de muestra con una etiqueta, escrita con letra clara y legible la cual debe ser protegida con cinta adhesiva transparente conteniendo la siguiente información:

- Número de Muestra (referido al orden de toma de muestra).
- Código de identificación (punto y/o estación de muestreo).
- Origen de la fuente.
- Descripción del punto de muestreo.
- Fecha y hora de la toma de la muestra.
- Preservación realizada, tipo de preservante utilizado.
- Tipo de análisis requerido.
- Nombre del responsable del muestreo.

Conservación y envío de las muestras de agua:

- Las muestras recolectadas deberán conservarse en cajas térmicas (Coolers) a temperatura indicada en el Anexo I “Requisitos para toma de muestras de agua y preservación”, disponiendo para ello con preservantes de temperatura (Ice pack, otros).
- Los recipientes de vidrio deben ser embalados con cuidado para evitar roturas y derrames. En el caso de utilizar hielo, colocar este en bolsas

herméticas para evitar fugas de la caja donde se transportan las muestras de agua.

- Las muestras recolectadas para análisis físico químicos deberán entregarse al laboratorio en el menor tiempo posible, preferentemente dentro de las 24 horas de realizado el muestreo.
- En el caso de las muestras para análisis microbiológico se recomienda entregar estas al laboratorio dentro de las 6 horas después del muestreo y conservadas (aguas superficiales y residuales), refrigerar a 4 °C.
- Para su ingreso al laboratorio de análisis, las muestras deberán ir acompañadas de la Cadena de Custodia; documento que en caso de ser enviado en forma directa al laboratorio por medio de una agencia de transporte será remitido dentro del “Cooler” colocado en un sobre plastificado a fin de evitar que se deteriore. Los formatos e información requerida se indica en el Anexo III “Ficha de Cadena de Custodia y Ficha de Muestreo”. (PMCRH, 2016).³⁸

³⁸ PROTOCOLO DE MONITOREO DE LA CALIDAD DE LOS RECURSOS HIDRICOS
AUTORIDAD NACIONAL DEL AGUA – DGCRH. 2016, pág. 19

2.3. DEFINICIONES CONCEPTUALES.

2.3.1. Nitrógeno

Compuesto importante para los seres vivos (animales y plantas) lo contienen en forma de proteínas y ácidos nucleicos; como resultado, en los buenos suelos hay hasta 30 toneladas/hectárea de composiciones que tengan nitrógeno: en la corteza terrestre se encuentra en un $1,9 \times 10^{-3}\%$ en peso. En volumen el 78% de la atmósfera es nitrógeno (75% en peso); la atmósfera del planeta Marte, en semejanza, sólo tiene 2,6% de nitrógeno. El ciclo del nitrógeno se produce en la parte superior de la corteza terrestre y la atmósfera y radica en una serie de reacciones mediante las cuales dicho elemento es lenta, pero continuamente, reciclado en la atmósfera, litosfera e hidrosfera: Las moléculas de N_2 y O_2 que colisionan en las proximidades de un rayo pueden producir NO (óxido nítrico), que es bastante reactivo, por lo que reacciona con O_2 y forma NO_2 , que se disuelve en el agua de lluvia y cae a la tierra siendo utilizado por las bacterias para producir sustancias asimilables por las plantas (UNAM, 2003).

Las moléculas de nitrógeno son las que ocasionan el tono rojo-anaranjado, verde azulado, azul-violeta y violeta de la aurora. En la corteza terrestre superior (incluyendo atmósfera e hidrosfera) conforma el 0,25% en peso. En forma atómica se ubica en las capas superiores de la atmósfera, al disociarse las moléculas por acción de la luz ultravioleta. Los minerales nitrogenados son relativamente pocos, debido a que la molécula de nitrógeno es muy inerte, siendo el más abundante el nitrato de Chile ($NaNO_3$). De la atmósfera (su fuente inagotable) se obtiene por licuación y destilación fraccionada. Hay otros

procedimientos: combustión de carbón con oxígeno del aire. Para obtenerlo muy puro podemos utilizar la descomposición térmica (70°C) del nitrito amónico en disolución acuosa o la descomposición de amoníaco (1000°C) en presencia de níquel en polvo. A temperatura ambiente, es un gas incoloro, inodoro e insípido, no combustible, diamagnético. Es más ligero que el aire. A 0°C se disuelven en agua 0,023 volúmenes/% de nitrógeno; la solubilidad del O₂ es el doble y, por consiguiente, la presión parcial del oxígeno en el agua es superior a la del nitrógeno, lo que es esencial para los seres vivos acuáticos (UNAM, 2003) ³⁹.

2.3.2. Agua superficiales

Aguas superficiales son aquellas que se hallan sobre la superficie del suelo. Esta se ocasiona por la escorrentía generada a partir de las precipitaciones o por el afloramiento de aguas subterráneas. Pueden presentarse correntosa, como en el caso de corrientes, ríos y arroyos, o quietas si se trata de lagos, reservorios, embalses, lagunas, humedales, estuarios, océanos y mares. Para propósitos regulatorios, suele definirse al agua superficial como toda agua abierta a la atmósfera y sujeta a escorrentía superficial. Una vez formada, el agua superficial sigue el camino que le ofrece menor resistencia normalmente conducido por la gravedad sobre la pendiente que ofrece el relieve. Una serie de arroyos, riachuelos, corrientes y ríos llevan el agua desde áreas con pendiente descendente hacia un curso de agua principal. La calidad del agua está fuertemente influenciada por el punto de la cuenca en que se desvía para su uso.

³⁹ CENTRO DE INVESTIGACIÓN SOBRE FIJACIÓN DE NITRÓGENO, UNAM - MANUAL DEL AGRICULTOR, JOSE ANTONIO MOLINA JOSE EDUARDO GIL PEREZ, EDITORIAL EVEREST, 2003 .http://www.quimicageneralpapimeunam.org.mx/materias_carreras/REVISTA_ELECTRONICA/DIVULGACION/NITROGENO.htm

La calidad de corrientes, ríos y arroyos, varía de acuerdo a los caudales estacionales y puede cambiar significativamente a causa de las precipitaciones y derrames accidentales.

Los lagos, reservorios, embalses y lagunas presentan en general, menor cantidad de sedimentos que los ríos, sin embargo están sujetos a mayores impactos desde el punto de vista de actividad microbiológica. Los cuerpos de agua quietos tales como lagos y reservorios, envejecen en un período relativamente grande como resultado de procesos naturales. Este proceso de envejecimiento está influenciado por la actividad microbiológica que se encuentra relacionada directamente con los niveles de nutrientes en el cuerpo de agua y puede verse acelerada por la actividad humana.(Camacho, 2001) ⁴⁰

2.3.3. Contaminación

Entendemos que la contaminación, se da por la presencia de cualquier agente químico, físico o biológico que es nocivos para la salud o el bienestar de los seres vivos. Esta alteración del ambiente por cualquier contaminante externo puede ocasionar daños en la vida cotidiana del ser humano y afectar las condiciones de supervivencia de la flora y la fauna, se calcula que alrededor de 2 millones de personas llegan a ser víctimas cada año por alguna causa de contaminación atmosférica, asegura la Organización Mundial de la Salud. Lo

⁴⁰ LOPES CAMACHO, 2001. Conservación del agua. Aprovechamiento conjunto de aguas superficiales. Revista obras públicas. Escuela de negocios <https://www.eoi.es/es/file/18582/download?token=RossVHY4+pdf>

manifestado en este estudio la mayor cantidad de muertes se producen en los países en desarrollo donde se encuentran elevadas densidades de partículas nocivas para la salud. La población humana aumenta según una progresión geométrica y la demanda de alimentos y necesidades básicas para la vida del hombre son cada vez mayores. El aumento en el consumo de diversos productos y desechos, provocados por el ser humano, trae como consecuencia la generación de sustancias tóxicas (Zavala, 2016).

2.3.4. Contaminación por nitrógeno

Las liberaciones de nitrógeno y su deposición se lograron acelerar notablemente durante el pasado siglo y medio, puntualmente en el hemisferio norte, gracias a una combinación de aumento de la población, uso de combustibles fósiles, deforestación e intensificación de la agricultura. El resultado se muestra en una entrada superior de óxidos de nitrógeno y de amoníaco en la atmósfera, sustancias conocidas por su papel en la formación de la lluvia ácida, la cual altera los lagos y los ecosistemas, y en la producción de ozono, que daña los tejidos vivos y disminuye la producción vegetal.(SOLOCIENCIA, 2015)⁴¹

2.3.5. Escorrentía

La escorrentía superficial se describe al discurrir de agua sobre la superficie de la tierra, y viene a ser un componente principal del ciclo del agua.

⁴¹ SOLOCIENCIA.2015. NATIONAL CENTER FOR ATMOSPHERIC RESEARCH (NCAR). UNIVERSITY OF NEW HAMPSHIRE. Copyright Solociencia.com. All Rights Reserved <http://www.solociencia.com/ecologia/05033102.htm>

A la escorrentía que se desarrolla en la superficie antes de alcanzar un canal se le llama fuente no puntual. Si una fuente no puntual alberga contaminantes artificiales, a esto se le llama contaminación de fuente no puntual. Al área de tierra que ocasiona el drenaje de la escorrentía a un punto común se la conoce como línea divisoria de aguas. Cuando la escorrentía fluye a lo largo de la tierra, logra recoger contaminantes del suelo, como petróleo, pesticidas (en especial herbicidas e insecticidas), o fertilizantes (Pérez, 2015)⁴²

2.3.6. Riego por gravedad

Viene a ser un método de riego primitivo cuyo mayor inconveniente es el desperdicio de agua que produce, ya que es significativo el volumen de pérdidas de agua ocasionadas por evaporación, en largos recorridos y a cielo abierto, estimándose aproximadamente en un 25%, sin contar las filtraciones incontroladas, roturas de conductos u otros factores incidentes. El agua que viene del reservorio, río, quebrada o centro de acopio discurre a través de canales conducidos a centros de distribución que racionan el agua hasta llegar a la parcela a regar inundando la zona de plantación.

Es un método que aún se emplea en sembradíos de dimensiones no muy grandes. La pericia del agricultor, y su experiencia, hacen que el reparto del agua, por medio de tablillas o piedras con barro, sea el adecuado.

⁴² Guillermo Pérez.2015.Publicado bajo licencia CC BY-SA 3.0. © Ciclo Hidrologico .com. Política de privacidad y cookies. http://www.ciclohidrologico.com/escorrentia_superficial

El campesino conoce la capacidad de filtrado de su suelo hasta conseguir el punto de saturación, y, así logra aprovechar el caudal que recibe sólo por un tiempo limitado. El presente método de riego es antiguo y ha evolucionado en las grandes superficies dedicadas a cultivos más industrializados, es impensable un riego de estas propiedades que no se someta a un estudio técnico previo de los marcos de plantación más adecuados según el tipo de cultivo, la porosidad del suelo, temperaturas según la estación meteorológica, etc. También se lo denomina riego por inundación (Margalef, 1991).⁴³

2.3.7. Eutrofización

Proceso natural y/o antropogénico que consiste en la explosión de vida de las aguas gracias a los nutrientes, a un ritmo tal que no alcanza ser compensado por la mineralización total, a esto se le atribuye la descomposición del exceso de materia orgánica ocasiona una disminución del oxígeno en las aguas profundas. Las masas de agua eutróficas presentan un alto nivel de productividad y de biomasa en todos los niveles tróficos; proliferan las algas, tienen aguas profundas pobres en oxígeno y un incremento intenso de las plantas acuáticas. En contraste, los cuerpos de agua oligotróficos, tienen concentraciones bajas de nutrientes, poseen mayor diversidad en las comunidades de plantas y animales, un bajo nivel de productividad primaria y de biomasa y una buena calidad del agua para distintos usos. (Riding et al., 1992) ⁴⁴

⁴³ MARGALEF. R. 1991. ECOLOGÍA. ED. OMEGA. 951 PÁGS. cat.: **reg per gravetat m.**; eng.: **gravity irrigation**. http://www.construmatica.com/construpedia/riego_por_gravedad.

⁴⁴ RYDING, S Y RAST, W. (EDS.), 1992. EL CONTROL DE LA EUTROFIZACIÓN EN LAGOS Y PANTANOS. Ediciones Pirámide, Madrid Y Unesco, París. 375 PÁGS. <http://www.cricyt.edu.ar/enciclopedia/terminos/eutrofizac.htm>

2.4. HIPÓTESIS

2.4.1. Hipótesis general

H_i: Existencia de nitratos como contaminante en aguas excedentes de riego en el cultivo de maíz (*Zea mays*) Marabamba – Pillco Marca – Huanuco, 2017

H₀: Ausencia de nitratos como contaminante en aguas excedentes de riego en el cultivo de maíz (*Zea mays*) Marabamba – Pillco Marca – Huanuco, 2017

2.4.2. Hipótesis específica

H_i: El nitrato es una fuente de contaminación de aguas superficiales en la localidad de Marabamba

H₀: El nitrato no es una fuente de contaminación de aguas superficiales en la localidad de Marabamba

H_i: El nitrato está presente en el excedente de riego del cultivo de maíz.

H₀: El nitrato no está presente en el excedente de riego del cultivo de maíz

2.5. VARIABLES

2.5.1. Variable independiente

- Cantidad de nitrato contenido en el excedente de riego.

2.5.2. Variable dependiente

- Contaminación de aguas superficiales

2.6. OPERACIONALIZACION DE VARIABLES

TABLA N° 03 OPERACIONALIZACION DE VARIABLES

OPERACIONALIZACION DE LAS VARIABLES				
Variable (s)	Definición conceptual	Definición operacional	Definiciones/ indicadores	Indicadores
Contaminación de Aguas superficiales	Contaminación de Aguas superficiales.- Las aguas superficiales tienen dos fuentes de contaminación, una natural y otra producida por las actividades humanas.	Contaminación de Aguas superficiales.- Puede presentarse en forma natural cuando su cauce atraviesa una fuente natural de contaminación como erupciones volcánicas, rocas con contenido de metales pesados, deslizamientos, caída de meteoritos, remoción de masas y descomposición de animales y vegetales muertos.	Contaminación de Aguas superficiales.- cuando los contaminantes de aguas superficiales sobrepasan los Estandares de Calidad Ambiental (ECAs) se convierten en perjudiciales.	Contaminación de Aguas superficiales: Los contaminantes se miden en partes por millón (Ppm) o miligramos por litro (mg/l)
Cantidad de Nitratos contenido en el excedente de riego.	Cantidad de Nitratos contenido en el excedente de riego.- La cantidad de nitrato presente en el excedente de riego proviene del estiércol de animales y compuestos nitrogenados utilizados para fertilizar los suelos de los cultivos.	Cantidad de Nitratos contenido en el excedente de riego.- los nitratos que no son adsorbidos por los coloides del suelo debido a su sobredosificación son lavados por el agua de riego y son transportados a través del agua superficial, estos son los verdaderamente responsables del crecimiento desmesurado de vegetales en el medio acuático, lo que produce la eutrofización acuática.	Cantidad de Nitratos contenido en el excedente de riego.- cuando el contenido de nitrato sobrepasa 13 mg/litro en el agua este se convierte en contaminante.	Cantidad de Nitratos contenido en el excedente de riego: Los nitratos se miden en partes por millón (Ppm) o miligramos por litro (mg/l)

FUENTE: Elaboración propia

CAITULO III

METODOLOGIA DE LA INVESTIGACION

3.1. METODO Y DESEÑO DE INVESTIGACION

3.1.1. Método de investigación

Presenta un método de investigación aplicado es el descriptivo, ya que se orienta a la identificación de la contaminación de aguas superficiales con nitratos contenidos en los excedentes de riego de los cultivos de maíz en la localidad de Marabamba.

3.1.2. Diseño de investigación

El diseño de la Investigación es no experimental, y representa un tipo de diseño longitudinal ya que este es utilizado para analizar y conocer ciertas características de un fenómeno en particular en distintos momentos de tiempo, dicho hecho se relaciona con el análisis de excedente de riego en momentos programados en una línea de tiempo.

3.2. TIPO Y NIVEL DE INVESTIGACION

3.2.1. Tipo

El tipo del presente proyecto de investigación es cualitativo.

3.2.2. Nivel de investigación

El presente proyecto es una investigación descriptiva, ya que su finalidad es identificar al parámetro nitrato como contaminante. Es decir que solo se pretende recoger información de manera independiente, referente a los parámetros de los ECAS en agua de categoría IV para conservación de ambiente acuático.

3.3. POBLACION Y MUESTRA

Población: cultivos de maíz de la localidad de Marabamba, distrito de Pillco Marca, región Huánuco.

Muestra: tres campos de cultivos de maíz de la localidad de Marabamba, distrito de Pillco Marca, región Huánuco, de los cuales se tomaron cuatro unidades muestrales de cada uno y una muestra en blanco por cada punto (agua de canal de riego antes de ingresar a campo de cultivo), haciendo un total de veinticuatro unidades muestrales.

3.4. TECNICAS E INSTRUMENTOS DE INVESTIGACION

3.4.1. Para la recolección de datos

3.4.1.1. Técnicas

- **Entrevista con agricultores:**

Esta técnica se aplicó hacia las personas que tienen sus campos de cultivo de Maíz de las respectivas parcelas de estudio, es decir, se realizó con los agricultores que trabajan en las parcelas los cuales ocupan su tiempo en esas actividades.

Se preguntó ¿Cuántos meses tiene su cultivo Maíz y cuando fertilizo por última vez? ¿Cuáles son los días de riego?, esto nos permitió uniformizar el periodo vegetativo del cultivo y la presencia de fertilizantes nitrogenados, así como también nos permitió sincronizar los días de riego de los mismos.

- **Observación directa:**

Esta técnica implicó observar de manera detenida los campos de cultivos y determinar los accesos utilizados en las tomas de muestras. Otro punto importante fue observar de qué manera se realiza los procesos de riego de los cultivos, a la vez estar en contacto con las personas que realizan esas actividades, para poder preguntar respecto a una tarea específica que podrían realizar.

- **Análisis de contenido:**

Este punto está vinculado con la revisión de bibliografía referente al tema de investigación, sobre la contaminación de las aguas de riego que llegan a parar a las aguas superficiales y sus diferentes efectos en la naturaleza.

- **Toma de muestra:**

Fue la parte primordial para desarrollo del tema de investigación, la toma de muestra del agua excedente de riego que lo conocemos como el efluente, se desarrolló en base al Protocolo nacional para el Monitoreo de la Calidad de los recursos hídricos - ANA.

- **Muestreo In situ:**

Nos permitió obtener muestras directamente del área neta de estudio en campo para luego ser analizarlas en el mismo.

Para este proceso se respetaron los procedimientos establecidos en el protocolo de monitoreo de la calidad de los recursos hídricos de la autoridad nacional del agua, en el cual indica las herramientas a utilizar y los pasos que deben de seguir para que la muestras sean confiables.

Para este proceso se tomaron cuatro muestras representativas de cada área de cultivo seleccionada, teniendo en cuenta la homogeneidad de las muestras se eligió el punto donde el agua de riego culmina su recorrido en el campo de cultivo y este se convierte

en excedente, ubicando este punto en la parte final de cada área de cultivo.

3.4.1.2. Instrumentos

- Fichas.
- guías de entrevista.
- Protocolo nacional para el Monitoreo de la Calidad de los recursos hídricos - ANA.
- Cámara fotográfica
- GPS.
- Libreta de campo.
- Test Nitrato.

3.4.1.3. Procedimientos de recolección de datos

Durante la fase de muestreo de campo en la localidad de Marabamba, se realizó los procedimientos de toma de muestra y medición de parámetro In situ. Las acciones que se llevaron a cabo fueron seguidas de acuerdo al Protocolo nacional para el Monitoreo de la Calidad de los recursos hídricos - ANA.

Se detalla a continuación las siguientes sub actividades:

a) Actividades de pre-muestreo

- Identificación de puntos de monitoreo:

Los puntos de muestreo en las parcelas seleccionadas y ubicadas mediante un sistema de posicionamiento global (GPS) expresadas en el sistema de coordenadas UTM y con el sistema geodésico WGS84 tal y como lo especifica el Protocolo nacional para el Monitoreo de la Calidad de los recursos hídricos - ANA.

- Equipos e instrumentos:

En el protocolo de monitoreo se establece que los equipos e instrumentos deben de estar debidamente limpios, de esta manera se tuvieron todos los equipos e instrumentos debidamente limpios y los parámetros analizados fueron la °T y la concentración de nitratos los cuales fueron analizados in situ.

- Tipos de recipientes de muestreo:

Los envases utilizados para la toma de muestras fueron dos vasos de vidrio de 200 ml.

- Equipos de protección personal para el muestreo:

Para realizar la toma de muestra se contó con equipos de protección personal, para evitar tener contacto con el agua y demás componentes químicos incorporados a los cultivos de maíz:

- 15 mascarillas desechables
- 15 pares de guantes de quirúrgicos desechables
- 02 pares de lentes de protección

- 15 unidades de ropa de protección contra sustancias químicas.

b) Actividades de muestreo y análisis

- **Toma de muestra**

Las muestras en la localidad de Marabamba fueron tomadas los días 08, 22 de octubre, 05, 19 de Noviembre de 2016, a horas 06:00 – 07:00 a.m. horario en el que frecuentemente riegan sus cultivos los agricultores de Marabamba.

- **Volumen de muestras**

En la localidad de Marabamaba se tomaron 24 muestras de 200 ml. en tres puntos diferentes denominados X-1, X-2, X-3 (la toma de muestra se distribuyó en cuatro oportunidades para cada punto, todas con sus respectivos muestras en blanco), donde se analizó parámetros de temperatura e identificación de nitratos.

- **Medición in situ**

Estas mediciones se realizaron en el momento que se tomaron las muestras. En este caso se realizaron las mediciones de todas las muestras in Situ, para esto se utilizaron tiras de identificación de

nitratos mediante colorimetría y termómetro para la temperatura. Se realizaron los siguientes pasos:

- Puesto el equipo de protección químico me ubique en el punto de muestreo del efluente de riego y procedí a enjuagar el vaso para garantizar homogeneidad de la muestra.
- Luego que tome la muestra y me dirigí a un punto más cómodo y espere 5 minutos, tiempo en el cual los sólidos suspendidos se precipitaron parcialmente.
 - En este procedimiento se eligió una superficie plana donde se pudo poner en reposo temporal la muestra tomada y brindo las comodidades mínimas del entorno.
- Durante el periodo de precipitación de sólidos se aprovechó para tomar la medida de la temperatura con un termómetro digital de sensibilidad electrónica por un espacio de 5 minutos.
 - En este procedimiento se sumergió el cuerpo sensible al vaso de 200 ml. Por el tiempo ya indicado para luego proceder a tomar la lectura respectiva.

- Después de la precipitación de los sólidos procedí a sacar una tira de ensayo reactiva y la sumergí por un segundo.
 - En este procedimiento se tomó en cuenta el cuerpo sensible de la tira de ensayo reactiva, se encontró la temperatura indicada para su correcto funcionamiento, el cual debe tener un valor mayor a 15 °C y menor que 25 °C.
- Después de retirar la tira de ensayo reactiva del vaso, se eliminó el exceso de líquido sacudiéndola.
- Luego se esperó un minuto hasta que el cuerpo sensible de la tira de ensayo reaccione con el nitrato.
- El siguiente paso fue clasificar el color que presentaba la tira de ensayo reactiva.
 - En este procedimiento se contrastó el color presentado en la tira de ensayo con el color establecido en la etiqueta del envase.
- El paso final fue registrar los resultados obtenidos en el formato de campo.

3.4.2. Presentación de datos

La presentación de los datos obtenidos; es decir, la información resultante del muestreo In situ del excedente de riego de maíz, fue procesada en hojas de cálculo de MICROSOFT EXCEL.

3.4.3. Análisis e interpretación de los datos

Los datos se definieron mediante una técnica lógica de análisis entre los resultados de las pruebas en campo y los estándares de calidad ambiental para agua (ECA). En la categoría 4: conservación del ambiente acuático.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS

4.1. PROCESAMIENTO DE DATOS

4.1.1. Resultados del análisis In situ de agua excedente de riego en el cultivo de maíz – Marabamba.

Los resultados de las muestras de agua que se tomaron en los cultivos de maíz se presentan en la siguiente tabla.

TABLA Nº 04 RESULTADOS DE ANALISIS IN SITU – NITRATOS

PARCELA Nº	MUESTRAS	PARAMETRO	UNIDADES	RESULTADOS DE ANALISIS IN SITU				METODO
				08 OCT. 2016	22 OCT. 2016	5 NOV. 2016	19 NOV. 2016	
X1	A	Nitratos	mg/L	25				c o l o r i m e t r i c a
	B	Nitratos	mg/L		25			
	C	Nitratos	mg/L			25		
	D	Nitratos	mg/L				10	
	BLANCO	Nitratos	mg/L	0	0	0	0	
X2	A	Nitratos	mg/L	10				
	B	Nitratos	mg/L		25			
	C	Nitratos	mg/L			25		
	D	Nitratos	mg/L				10	
	BLANCO	Nitratos	mg/L	0	0	0	0	
X3	A	Nitratos	mg/L	10				
	B	Nitratos	mg/L		25			
	C	Nitratos	mg/L			25		
	D	Nitratos	mg/L				10	
	BLANCO	Nitratos	mg/L	0	0	0	0	

Fuente: Elaboración propia

TABLA N° 05 RESULTADOS DE ANALISIS IN SITU – TEMPERATURA

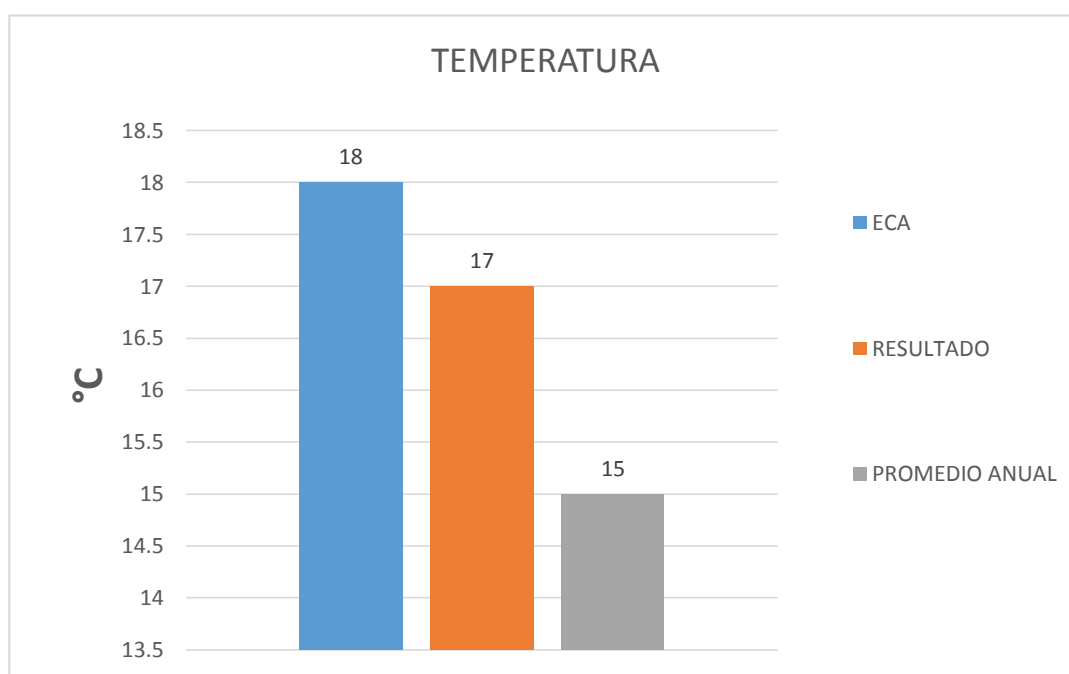
PARCELA N°	MUESTRAS	PARAMETRO	UNIDADES	RESULTADOS DE ANALISIS IN SITU			
				08 OCT. 2016	22 OCT. 2016	5 NOV. 2016	19 NOV. 2016
X1	A	Temperatura	°C	17.1			
	B	Temperatura	°C		16.8		
	C	Temperatura	°C			17	
	D	Temperatura	°C				17
	BLANCO	Temperatura	°C	17	16.8	17	17
X2	A	Temperatura	°C	17			
	B	Temperatura	°C		17		
	C	Temperatura	°C			17	
	D	Temperatura	°C				16.9
	BLANCO	Temperatura	°C	17	16.9	17	16.9
X3	A	Temperatura	°C	16.9			
	B	Temperatura	°C		17		
	C	Temperatura	°C			16.9	
	D	Temperatura	°C				17.1
	BLANCO	Temperatura	°C	16.8	17	16.8	17

Fuente: Elaboración propia

4.1.2. Relación entre los ECA y los parámetros de campo

4.1.2.1. Determinación de la temperatura

Gráfico 01: Determinación de Temperatura

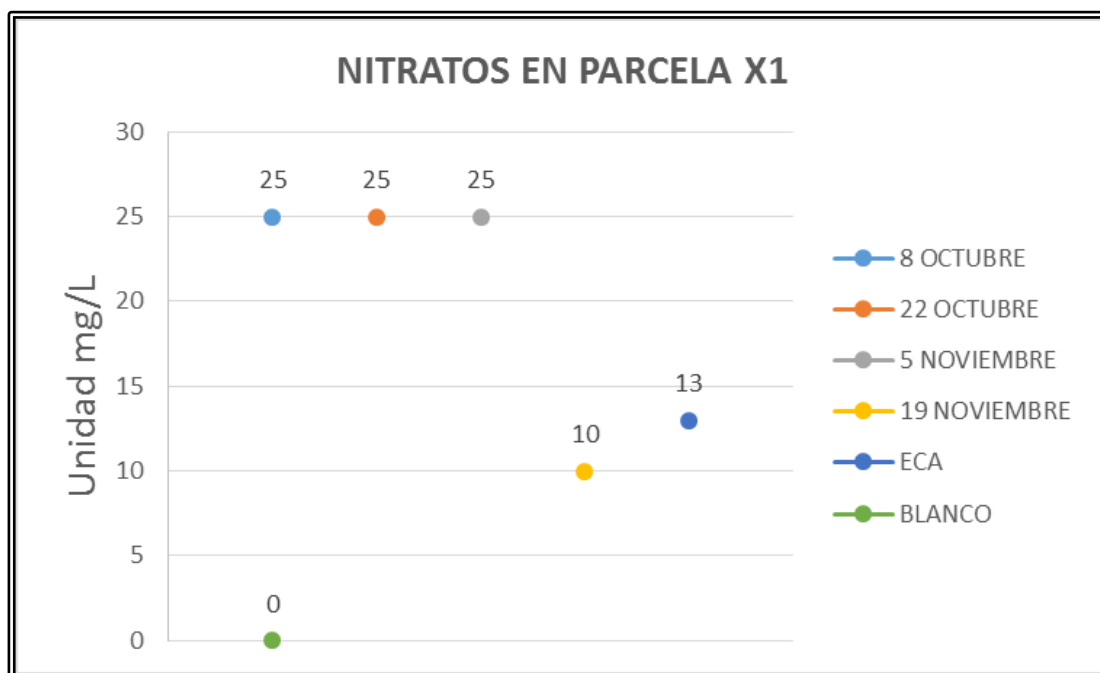


Fuente: Elaboración propia

En el gráfico N° 01, se ilustra el grado de la temperatura de la muestra que se tomó en campo (in situ), siendo promediados los resultados 17 °C, el cual es menor a lo que señala los ECAs (18 °C).

4.1.2.2. Identificación de Nitratos en parcela X1

Gráfico 02: IDENTIFICACION DE NITRATOS P X1

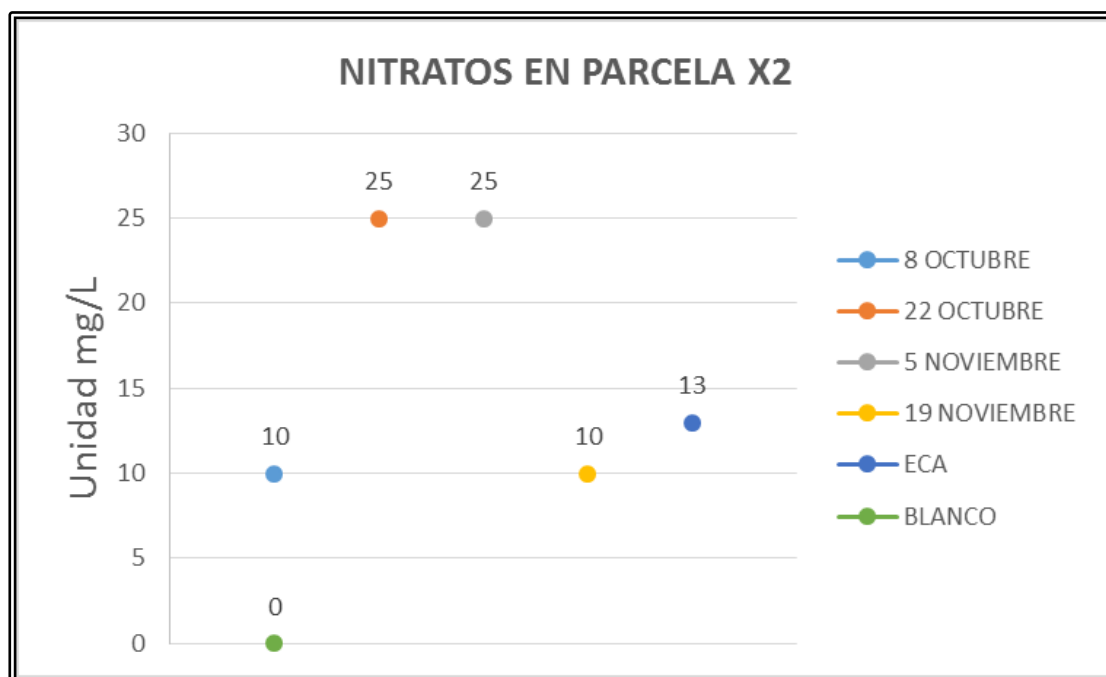


Fuente: Elaboración propia

En el gráfico 02, se observa que de los resultados obtenidos en la parcela X1, tres de ellos sobrepasan los ECAs con una concentración de 25 mg/L evaluadas los días 8 y 22 de Octubre y 5 de Noviembre, mientras que la muestra evaluada el 19 de noviembre mostro un resultado inferior con una concentración de 10 mg/L, teniendo en cuenta el ECA de 13 mg/L, así mismo la muestra en blanco dio como resultado 0 mg/L demostrando con ello la ausencia de nitratos en el agua antes de ingresar al riego.

4.1.2.3. Identificación de Nitratos en parcela X2

Gráfico 03: Identificación de nitratos p X2

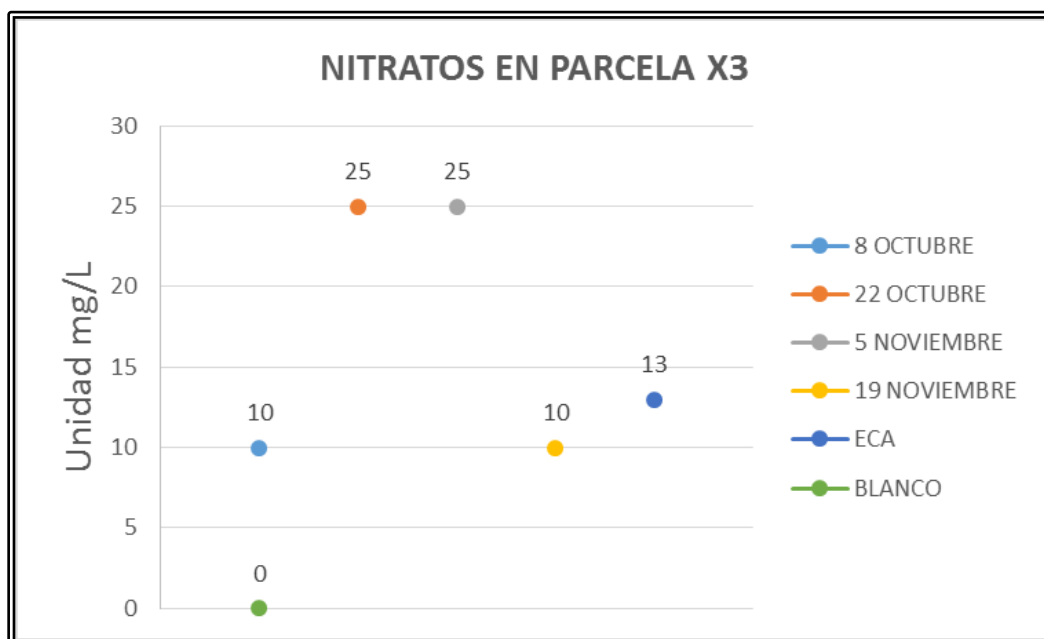


Fuente: Elaboración propia

En el gráfico 03, se ilustra los resultados obtenidos en la parcela X2, de los cuales dos de ellos sobrepasan los ECAs con una concentración de 25 mg/L evaluadas los días 22 de Octubre y 5 de Noviembre, mientras que las muestras evaluadas el 8 de Octubre y 19 de noviembre mostraron un resultado inferior con una concentración de 10 mg/L, teniendo en cuenta el ECA de 13 mg/L, así mismo la muestra en blanco dio como resultado 0 mg/L demostrando con ello la ausencia de nitratos en el agua antes de ingresar al riego.

4.1.2.4. Identificación de Nitratos en parcela X3

Gráfico 04: Identificación de nitratos P X3



Fuente: Elaboración propia

En el gráfico 04, se ilustra los resultados obtenidos en la parcela X3, donde dos de ellos sobrepasan los ECAs con una concentración de 25 mg/L evaluadas los días 22 de Octubre y 5 de Noviembre, mientras que las muestras evaluadas el 8 de Octubre y 19 de noviembre mostraron un resultado inferior con una concentración de 10 mg/L, teniendo en cuenta el ECA de 13 mg/L, así mismo la muestra en blanco dio como resultado 0 mg/L demostrando con ello la ausencia de nitratos en el agua antes de ingresar al riego.

4.1.3. Cuadro de resumen de resultados

TABLA N° 06 RESUMEN DE RESULTADOS

PARCELA N°	MUESTRAS	PARAMETRO	UNIDADES	RESULTADOS	ECA	METODO
X1 Fuente:	A	Nitratos	mg/L	25	13	c o l o r i m é t r i c a E s c a l a
	B	Nitratos	mg/L	25	13	
	C	Nitratos	mg/L	25	13	
	D	Nitratos	mg/L	10	13	
	BLANCO	Nitratos	mg/L	0	13	
X2	A	Nitratos	mg/L	10	13	
	B	Nitratos	mg/L	25	13	
	C	Nitratos	mg/L	25	13	
	D	Nitratos	mg/L	10	13	
	BLANCO	Nitratos	mg/L	0	13	
X3	A	Nitratos	mg/L	10	13	
	B	Nitratos	mg/L	25	13	
	C	Nitratos	mg/L	25	13	
	D	Nitratos	mg/L	10	13	
	BLANCO	Nitratos	mg/L	0	13	
		TEMPERATURA	°C	17	Δ 3	

Elaboración propia

Δ 3: significa variación de 3 grados Celsius respecto al promedio mensual multianual del área evaluada.

CAPITULO V

DISCUSIÓN DE RESULTADOS

5.1. CONTRASTACIÓN DE RESULTADOS

5.1.1. Nitratos en agua excedente de riego

Durante el desarrollo de este estudio se pudo identificar la presencia de nitratos en el agua excedente procedente del riego del cultivo de maíz, el cual teniendo en cuenta la inexistencia de LMP para agricultura se pudo contrastar con los ECAS de agua en su categoría 4 que corresponde a cuerpos de agua para conservación, en donde se establece la concentración del parámetro nitrato de 13 mg/L. contrastando con los resultados obtenidos en campo en el cual los resultados arrojaron una concentración promedio de 21.25 mg/L en la parcela X1, así como también un promedio de 17.5 mg/L en la parcela X2, del mismo modo se obtuvo un promedio de 17.5 mg/L en la parcela X3, de esta manera podemos afirmar que la concentración de nitratos en el agua excedente de riego es superior a lo establecido en la categoría 04 de los ECA para agua establecido mediante DS: 004 – 2017 MINAM.

5.1.2. Contrastación de resultados con otros estudios similares.

Según estudios similares mostrados en los antecedentes del presente estudio, con respecto a la contaminación con nitratos se demuestra lo siguiente:

- La aplicación de técnicas de análisis multivariante reveló que los usos agrícolas constituían la principal fuente de nitrato en las áreas contaminadas del Acuífero Cárstico de La Alcarria (BASTIDA, 2009).
- Las fuentes principales de contaminación por NO₃, son los grandes núcleos de población (concentración puntual) por los vertidos de aguas residuales con elevados niveles de nutrientes y las prácticas agrícolas y ganaderas intensivas (ARCE, 1994)
- Un siguiente estudio indica que fuente de contaminación más importante de la zona de Rioja – España eran los abonos nitrogenados de origen agrícola. Se mencionaban entonces concentraciones puntualmente superiores a 40 mg/l. (ARAUSO, 2006)
- Otro estudio afirma que las concentraciones de nitratos en el agua subterránea en Long Island, Nueva York, se han incrementado marcadamente durante los últimos 30 años. Una cantidad significativa de ese incremento ha sido atribuida a los fertilizantes usados en el césped y jardines (PACHECO, et al, 2003)
- Su estudio Indica que la contaminación por nitratos del agua proveniente de las prácticas agrícolas es un problema agroambiental

actual que está repercutiendo en la salud humana y animal (MARTINEZ, et al, 2011)

- Otro estudio del analisis de contaminación de aguas superficiales afirma que la cantidad de fertilizantes y pesticidas aplicados por unidad de área son mayores a los requeridos para obtener los mismos rindes de los cultivos. (BURGUES, et al. 2007)
- En la localidad de Marabamba, perteneciente al distrito de Pillco Marca, localizado aproximadamente a 10 min. De Caiguayna (en vehículo motorizado), existen cultivos de maíz (*Zea maíz*) que son fertilizados usando el sintetico conocido como Urea y regados con el método de riego por gravedad, se definieron tres parcelas de cultivos de los cuales se tomaron muestras y fueron analizadas In situ, dieron como resultados concentraciones de Nitratos dieron los siguientes resultados:

TABLA Nº 07 Promedio de concentración de nitratos

PARCELA Nº	MUESTRAS	PARAMETRO	UNIDADES	RESULTADOS	ECA	METODO
X1	A	Nitratos	mg/L	25	13	c o l o r i c a l é t r i c a
	B	Nitratos	mg/L	25	13	
	C	Nitratos	mg/L	25	13	
	D	Nitratos	mg/L	10	13	
	BLANCO	Nitratos	mg/L	0	13	
	PROMEDIO	Nitratos	mg/L	21.25	13	
X2	A	Nitratos	mg/L	10	13	
	B	Nitratos	mg/L	25	13	
	C	Nitratos	mg/L	25	13	
	D	Nitratos	mg/L	10	13	
	BLANCO	Nitratos	mg/L	0	13	
	PROMEDIO	Nitratos	mg/L	17.5	13	
X3	A	Nitratos	mg/L	10	13	
	B	Nitratos	mg/L	25	13	
	C	Nitratos	mg/L	25	13	
	D	Nitratos	mg/L	10	13	
	BLANCO	Nitratos	mg/L	0	13	
	PROMEDIO	Nitratos	mg/L	17.5	13	

FUENTE:

Elaboración propia

5.2. Contrastación de hipótesis de investigación

Para la contrastación de la hipótesis con los resultados, se utilizó las referencias bibliográficas plasmadas en las bases teóricas como medio de comprobación.

Según los resultados obtenidos en el análisis In situ del excedente de riego de tres parcelas de cultivos de maíz para el parámetro químico, Nitratos se obtuvieron los resultados con una concentración promedio de 21.25 mg/L en la parcela X1, así como también un promedio de 17.5 mg/L en la parcela X2, del mismo modo se obtuvo un promedio de 17.5 mg/L en la parcela X3, de esta manera podemos afirmar que la concentración de nitratos en el agua excedente de riego es superior a lo establecido en la categoría 04 de los ECA para agua establecido mediante DS: 004 – 2017 MINAM.

Considerando las referencias bibliográficas la agricultura es una fuente de contaminación de aguas superficiales y subterráneas con nitratos y que su concentración va en aumento ya que los cultivos requieren mayores cantidades de enmiendas químicas cada año. Estos producen eutrofización en las aguas continentales y oceánicas siendo así un parámetro importante en la contaminación de aguas.

Al considerar la concentración de nitratos obtenidos, se acepta la hipótesis de investigación Hi: “Si medimos la cantidad de nitratos contenido en el

excedente de riego por gravedad, podremos afirmar la existencia de contaminación de las aguas superficiales”.

CONCLUSIONES

- Se analizaron las aguas excedentes de riego por gravedad en tres parcelas de cultivo de maíz (*Zea mays*) en la localidad de Marabamba, en las cuales a primera instancia se pudo identificar la contaminación de aguas superficiales por la presencia de nitratos.
- Se Determinaron las concentraciones de nitrato presentes en el excedente del agua superficial proveniente de la fertilización con urea mediante el sistema de riego por gravedad y estos arrojaron una concentración promedio de 21.25 mg/L en la parcela X1, así como también un promedio de 17.5 mg/L en la parcela X2, del mismo modo se obtuvo un promedio de 17.5 mg/L en la parcela X3, de esta manera podemos afirmar que la concentración de nitratos en el agua excedente de riego es superior a lo establecido en la categoría 04 de los ECA para agua establecido mediante DS: 004 – 2017 MINAM.
- Se evidencio la contaminación de las aguas superficiales de Marabamba con presencia nitratos, los cuales sobrepasan los ECA para agua categoría 4 en donde se establece una concentración de 13mg/L.

RECOMENDACIONES

- De acuerdo a los resultados obtenidos en el análisis de agua excedente de riego y teniendo como referencia las condiciones económicas de los agricultores se recomienda la aplicación de riego lento a los campos de cultivo de maíz y otros cultivares, de esta manera se evitaría la pérdida de nitratos por lavado.
- También se recomienda el uso de fertilizantes de origen orgánico los cuales generan menor pérdida de nitratos al momento de aplicar los riegos y por qué son más saludables para la conservación de los suelos de cultivo.
- Así mismo es recomendable controlar la pérdida de agua excedente al momento de aplicar el riego y programar la sucesión de riego de tal manera que se pueda reutilizar las aguas excedentes cargadas de nitratos.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

1. ARCE A., 1994, tesis master, *Contaminación De Nitratos En Aguas Superficiales Y Subterráneas*, Profesor titular de Ingeniería Química. Dpto. de Química y análisis agrícola de la E.T.S.I. Agrónomos. UNIVERSIDAD PONTIFICIA DE MADRID. Recuperado el 11 de Julio de 2015 /https://www.fundacionmapfre.org/documentacion/.../i18n/catalogo_imagenes/grupo.cmd?
2. Albert A. 2013. *Nitratos y Nitritos*. Copyright © 2015 Powered By Documents.mx - All Rights Reserved. Recuperado el 29 de Julio de 2015 <http://documents.mx/documents/nitratos-y-nitritos.html>.
3. ARAUZO B, 2006, *Dinámica Espacio-Temporal Del Contenido En Nitrato De Las Aguas Superficiales Y Subterráneas De La Cuenca Del Río Oja* (LA RIOJA, ESPAÑA): VULNERABILIDAD DEL ACUÍFERO ALUVIAL, trabajo de investigación, Departamento de Contaminacion Ambiental. Centro de Ciencias Medioambientales-CSIC. Serrano 115 Recuperado el 14 de Agosto de 2015 [dpdo.http://www.limnetica.com/Limnetica/Limne25/L25b753_Nitrato_aguas_superficiales_subterraneas_cuenca_rio_Oja.pdf](http://www.limnetica.com/Limnetica/Limne25/L25b753_Nitrato_aguas_superficiales_subterraneas_cuenca_rio_Oja.pdf)
4. ANDRIULO A., CAROLINA SASAL Y SILVINA PORTELA, 2003, *Impacto Ambiental De La Agricultura Pampeana – Nitrógeno*, Gestión Ambiental De Suelos Y Aguas INTA PERGAMINO, BUENOS AIRES.
5. BASTIDA, J. 2009. *Tesis Doctoral.pdf* - Universidad de Alcalá. Recuperado el 14 de Julio de 2015, de dspace.uah.es/dspace/bitstream/handle/10017/.../Tesis%20Doctoral.pdf?.
6. BURGUES M. 2007, AILÉ GOLÍN, GISELA MAYDANA, MARGARITA PORTAPILA, TRABAJO DE INVESTIGACIÓN: ANÁLISIS PRELIMINAR DE CONTAMINACIÓN EN AGUAS SUPERFICIALES PROVENIENTES DE FERTILIZANTES Y PESTICIDAS UTILIZADOS EN LAS ACTUALES PRÁCTICAS AGRÍCOLAS. E-mail: lccmartin@gmail.com. CIFASIS, CONICET, 27 de Febrero 210 bis, S2000EZP Rosario, Argentina Recuperado el 13 de Julio de 2016 http://www.ina.gov.ar/pdf/ifrrhh/02_003_Burgues.pdf
7. CHIEN S. 2001. *Efecto de diferentes fuentes de N amoniacal sobre la acidificación del suelo*. IFDC, M.M. Gearhart and D.J. Collamer Honeywell

International. Reporte de International Fertilizer Development Center (IFDC). Adaptado por Ing. Ftal. Ana Maria Lupi.

8. CHALMERS G., PAUL MCKAY POR DAVID A. BAINBRIDGE. 2004 TRADUCIDO POR LAURA L. VELÁZQUEZ *Contaminación Por Nitrógeno: Demasiado De Una Buena Cosa*. Recuperado el 13 de Octubre de 2015 <http://www.greenteacher.com/article%20files/contaminacionpornitrogeno.pdf>.
9. CAMACHO L. 2001. *Conservación del agua. Aprovechamiento conjunto de aguas superficiales*. Revista obras públicas. Escuela de negocios, Recuperado el 13 de Octubre de 2015 <https://www.eoi.es/es/file/18582/download?token=RossVHY4+pdf>
10. DOMINGO O., 2006, *Lavado De Nitratos En Un Cultivo De Maíz Con Diferentes Tipos De Riego* F, ESTUDIOS DE LA ZONA NO SATURADA DEL SUELO VOL. VII-Estación Experimental Agrícola Mas Badia, 17134 La Tallada Dempordà, GIRONA; francesc.domingo@irta.es. Recuperado el 03 de Octubre de 2015 http://www.zonanosaturada.com/publics/zns05/area_1/19.pdf
11. FERNANDEZ A. El reto del medio ambiente: *Ciencias De La Tierra Y Del Medio Ambiente*. Conflictos e intereses en la Política. Madrid: Alianza Editorial, 1997. Ecosistemas. Ciclos de los Elementos, ciclo del Nitrogeno. Recuperado el 25 de Octubre de 2015 <http://www4.tecnun.es/asignaturas/Ecologia/Hipertexto/04Ecosis.htm>.
12. Guillen C. 2013. *Reglas De Solubilidad*. Facultad de Farmacia y Bioanálisis, Escuela de Farmacia, Departamento de Análisis y Control, Cátedra de, Análisis Farmacéutico, Laboratorio de Química General, Mérida- RB de Venezuela. Recuperado el 27 de Octubre de 2015. http://webdelprofesor.ula.ve/farmacia/juanguillen/PDF/Teoria/Tema_3/tema3.
13. GARCÍA, F. MIGUEL A. TABOADA, 2012, TRABAJO DE INVESTIGACION: EL NITRÓGENO EN LA AGRICULTURA ARGENTINA, ALTERNATIVAS PARA INCREMENTAR LA EFICIENCIA DE USO EN LOS CULTIVOS DE GRANO Y MITIGAR LAS EMISIONES DE ÓXIDO NITROSO. IPNI; Instituto de Suelos, CIRN, INTA, Fertilizar Asociación Civil, Recuperado el 13 de Octubre de 2015 <http://lacs.ipni.net/ipniweb/region/lacs.n20Argentina%20Consumo%20y%20eficiencia%20de.pdf>

14. IBARRA M. 2000, *Parte de la investigación de tesis en el Programa de Doctorado en Economía (UNAM).: LAS ACTIVIDADES AGRÍCOLAS Y SU IMPACTO EN LA CALIDAD DE LOS RECURSOS HÍDRICOS: EL CASO DEL VALLE DEL CARRIZO, SINALOA, MÉXICO.* Universidad Autónoma Indígena de México. Juárez 39, Mochicahui, El Fuerte, Sinaloa. C.P. 81890. mgibarra@uaim.edu.mx
15. MARTÍNEZ F., DÁMARIS L. OJEDA BARRIOS, O. ADRIANA HERNÁNDEZ RODRÍGUEZ, JAIME J. MARTÍNEZ TÉLLEZ y GUADALUPE DE LA O QUEZADA, 2011, *Articulo De Investigacion N° 57, SYNTHESYS: El Exceso De Nitratos: un problema actual en la agricultura.* Recuperado el 13 de Octubre de 2015 http://www.uach.mx/extension_y_difusion/synthesis/2011/08/18/el_exceso_de_nitratos_un_problema_actual_en_la_agricultura.pdf
16. MARGALEF. R. 1991. *Ecología.* ED. OMEGA. 951 PÁGS. cat.: **reg per gravetat** m.; eng.: *Gravity Irrigation.* Recuperado el 03 de Octubre de 2015 <http://www.construmatica.com/construpedia/riegoporgravidad>.
17. MATURANO M., 2002, TESIS DOCTORAL: *Estudio Del Uso Del Agua Y Del Nitrogeno Dentro Del Marco De Una Agricultura Sostenible En Las Regiones Maiceras Castellano - MANCHEGA Y ARGENTINA.* Directores de Tesis: Arturo de Juan Valero, Edgardo Guevara, INSTITUTO NACIONAL DE TECNOLOGIA AGROPECUARIA Pergamino, Buenos Aires, Argentina. Recuperado el 29 de Octubre de 2015 <http://lacs.ipni.net/ipniweb/region/lacs.nsf/>
18. MULA A. 2016, El huerto en estado puro, *Relacion Carbono Nitrógeno*, Esta página fue modificada por última vez el 15 mayo 2016 a las 22:59. <https://www.agromaticas.es/relacion-cn-o-carbono-nitrogeno/>
19. PÉREZ G. 2015. Publicado bajo licencia CC BY-SA 3.0. © *Ciclo Hidrológico* .com. Política de privacidad y cookies. http://www.ciclohidrologico.com/escorrenta_superficial
20. PÉREZ A. y Cesáreo Landeros Sánchez, Colegio de Postgraduados, Campus Veracruz Línea de Investigación en Agroecosistemas Sustentables, Elementos No. 73, Vol. 16, Enero - Marzo, 2009, Página 19, Agricultura y deterioro ambiental. email: parturo@colpos.mx.

21. PALOMARES E. 2013. Esfera del Agua, CSIC / Ministerio de Economía y Competitividad.España. © 2013 Todos los derechos reservados, Contacto: agua2013@csic.es Recuperado el 11 de Octubre de 2015 <http://www.esferadelagua.es/agua-y-tecnologia/contaminacion-del-agua-por-nitratos-y-tecnicas-para-su-tratamiento>.
22. PACHECO J. 2003. ÁVILA Y ARMANDO CABRERA SANSORES, ARTÍCULO DE DIVULGACIÓN: *Fuentes Principales De Nitrógeno De Nitratos En Aguas Subterráneas*. Pacheco J., et. al. / *Ingeniería* 7-2 (2003) 47-54. Profesor Investigador del Cuerpo Académico de Ingeniería Ambiental, FIUADY. Recuperado el 13 de Octubre de 2015 <http://www.revista.ingenieria.uady.mx/volumen7/fuentes.pdf>
23. QUERELLE A. 2015. PROFESOR EN LINEA. Cia Ltda Registro N° 188.540 Santiago de Chile, Recuperado el 13 de Octubre de 2015 http://www.profesorenlinea.com.mx/Ciencias/Ciclo_del_nitrogeno.htm.
24. RAMÍREZ E. 2008. ARTICULO: miliarium – Ingeniería Civil y Medio Ambiente. *Ciclo del Nitrogeno en Sistemas Terrestres* Recuperado el 13 de Octubre de 2015, <http://www.miliarium.com/proyectos/nitratos/Nitrato/CicloNitrogeno.asp>
25. RYDING, S Y RAST, W. (EDS.), 1992. *El Control De La Eutrofización En Lagos Y Pantanos*. Ediciones Pirámide, Madrid Y Unesco, París. 375 PÁGS. Recuperado el 13 de Octubre de 2016 <http://www.cricyt.edu.ar/enciclopedia/terminos/eutrofizac.htm>.
26. TORRES M. 2015. Ingeniero Agrónomo. Técnico Proyecto Fertilizar EEA INTA Pergamino. *Fertilización Nitrogenada del Cultivo de Maíz*. Recuperado el 13 de Octubre de 2015. mtorresduggan@pergamino.inta.gov.ar
27. Zavala P., 2016, *Cambio climático*. INSIRACTION.© Copyright 2017. Todos los derechos reservados, Recuperado el 13 de Agosto de 2015 <http://www.inspiration.org/cambio-limatico/contaminacion>

CORPORATIVO

28. SOLOCIENCIA. 2015. NATIONAL CENTER FOR ATMOSPHERIC RESEARCH (NCAR). UNIVERSITY OF NEW HAMPSHIRE. Copyright Solociencia.com. All Rights Reserved, Recuperado el 12 de Setiembre de 2015 <http://www.solociencia.com/ecologia/05033102.htm>.
29. CENTRO DE INVESTIGACIÓN SOBRE FIJACIÓN DE NITRÓGENO, UNAM - MANUAL DEL AGRICULTOR, JOSE ANTONIO MOLINA JOSE EDUARDO GIL PEREZ, EDITORIAL EVEREST, 2003, Recuperado el 29 de Agosto de 2015. http://www.quimicageneralpapimeunam.org.mx/materias_carreras/REVISTA_ELECTRONICA/DIVULGACION/NITROGENO.htm.
30. PROTOCOLO DE MONITOREO DE LA CALIDAD DE LOS RECURSOS HIDRICOS AUTORIDAD NACIONAL DEL AGUA – DGCRH, pág. 5
31. UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO, FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLÁN, Ingeniería en Alimentos, Química General, Nitritos y Nitratos en procesos, Rodríguez Montoya Rosa Maribel , Octubre de 2009. Recuperado el 13 de Agosto de 2015. <https://www.uacm.edu.mx/?gclid=CKDCxdWM39cCFdTdDQod56kHYw&gclid=ds>
32. Diario el País. 2010 Publicado por Juan José Ibáñez el 23 febrero, 2010, BLOG – MADRID. Recuperado el 21 de Agosto de 2015 <http://www.madrimasd.org/blogs/universo/2010/02/23/135447>
33. Organización Mundial de la Salud 2008, ISBN 92 4 92 4 154696 4, © *Para encargar una copia, diríjase a: bookorders@who.int*. Recuperado el 19 de Agosto de 2015 <http://www.who.int/es/>
34. Agencia de protección a la salud y seguridad alimentaria, 2015. Microsoft Word –NITRATOS formateado PUBLICO.doc Recuperado el 13 de Agosto de 2015 <http://www.elaguapotable.com/Los%20nitratos%20y%20los%20nitritos%20y%20el%20agua%20de%20consumo.pdf>

35. LENNTECH BV.2015, Rotterdamseweg 402 M - 2629 HH Delft Lenntech BV
Distributieweg 3 Recuperado el 25 de Agosto de 2015
<https://www.lenntech.es/productos/Cuno-BetaPure-PK/index.html>

36. 2645 EG Delfgauw Copyright © 1998-2017 Lenntech B.V. All rights reserved
Recuperado el 13 de Agosto de 2017 [http://www. lenntech.es/nitratos.
htm#ixzz42dqvUZA](http://www.lenntech.es/nitratos.htm#ixzz42dqvUZA)

ANEXOS

**ANEXO N° 01 PROTOCOLO NACIONAL PARA EL MONITOREO DE LA
CALIDAD DE LOS RECURSOS HIDRICOS**



CUT: 135807

Expediente
Materia

: CUT - 135807 - 2015
: Protocolo Nacional para el Monitoreo de la
Calidad de los Recursos Hídricos

RESOLUCIÓN JEFATURAL N° 010 -2016-ANA

Lima, 11 ENE. 2016

VISTO:

El Memorando N°2484-2015-ANA-DGCRH de la Dirección de Gestión de Calidad de los Recursos Hídricos; y,

CONSIDERANDO:

Que, conforme el artículo 15° de la Ley N° 29338, Ley de Recursos Hídricos, es función de la Autoridad Nacional del Agua, dictar normas y establecer procedimientos para asegurar la gestión integral y sostenible de los recursos hídricos;

Que, según el artículo 76° de la acotada Ley, la Autoridad Nacional del Agua en el lugar y el estado físico en que se encuentre el agua, sea en sus cauces naturales o artificiales, controla, supervisa y fiscaliza el cumplimiento de las normas de calidad ambiental del agua sobre la base de los Estándares de Calidad Ambiental del Agua (ECA-Agua) y las disposiciones y programas para su implementación establecidos por la autoridad del ambiente. También establece medidas para prevenir, controlar y remediar la contaminación del agua y los bienes asociados a esta. Asimismo, implementa actividades de vigilancia y monitoreo, sobre todo en las cuencas donde existan actividades que pongan en riesgo la calidad o cantidad de recurso;

Que, el artículo 126° del Reglamento de la Ley de Recursos Hídricos, aprobado mediante Decreto Supremo N° 001-2010-AG, establece que el monitoreo de la calidad de las aguas, en el marco del Plan Nacional de Vigilancia de la Calidad del Agua, se efectúa de acuerdo con el protocolo aprobado por la Autoridad Nacional del Agua;

Que, asimismo el artículo 6° de las Disposiciones para la Implementación de los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental (ECA) para agua, aprobado por Decreto Supremo N° 023-2009-MINAM, y modificado por Decreto Supremo N° 015-2015-MINAM, prescribe que la autoridad competente establece el protocolo de monitoreo de la calidad ambiental del agua, en coordinación con el MINAM y la participación de los sectores respectivos;

Que, el "Protocolo Nacional de Monitoreo de la Calidad de los Cuerpos Naturales de Agua Superficial" fue aprobado mediante Resolución Jefatural N° 182-2011-ANA;

Que, con Resolución Jefatural N° 251-2015-ANA se prepublicó un proyecto de protocolo nacional de monitoreo de la calidad de los cuerpos naturales de agua superficial, para que durante el plazo de quince (15) días hábiles, se reciban los opiniones y comentarios respectivos;



Que, con documento del visto, la Dirección de Gestión de Calidad de los Recursos Hídricos remite el Informe Técnico N° 175-2015-ANA-DGCRH/GECRH-MEPB/KH y la nueva propuesta de Protocolo que propone estandarizar criterios y procedimientos técnicos para evaluar la calidad de los recursos hídricos, continentales y marino costeros, considerando las normas internacionales en su última actualización y estableciendo mayores precisiones para el monitoreo; propuesta que contempla los aportes, comentarios y sugerencias efectuados por las autoridades ambientales correspondientes;

Que, en tal sentido el citado informe recomienda se apruebe el Protocolo Nacional para el Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos, ello en cumplimiento a lo previsto en el artículo 6° de las Disposiciones para la Implementación de los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental (ECA) para agua, aprobadas por el Decreto Supremo N° 023-2009-MINAM, modificado por Decreto Supremo N° 015-2015-MINAM;

Que, por lo expuesto resulta necesario dictar el acto administrativo que apruebe el Protocolo Nacional para el Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos, y deje sin efecto la Resolución Jefatural N° 182-2011-ANA; y

Con el visto de la Dirección de Gestión de Calidad de los Recursos Hídricos, la Oficina de Asesoría Jurídica y de la Secretaría General, y en uso de las facultades conferidas en el artículo 11° del Reglamento de Organización y Funciones de la Autoridad Nacional del Agua aprobado por Decreto Supremo N° 006-2010-AG;

SE RESUELVE:

Artículo 1°.- Aprobación

Aprobar el "Protocolo Nacional para el Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos Superficiales", que forma parte integrante de la presente resolución.

Artículo 2°.- Publicación

Disponer la publicación de la presente resolución y del Protocolo aprobado mediante el artículo precedente en el portal institucional de la Autoridad Nacional del Agua: www.ana.gob.pe.

Artículo 3°.- Derogatoria

Dejar sin efecto la Resolución Jefatural N° 182-2011-ANA.

Regístrese, comuníquese y publíquese,



JUAN CARLOS SEVILLA GILDEMEISTER

Jefe
Autoridad Nacional del Agua





Autoridad Nacional del Agua

"Decenio de las Personas con Discapacidad en el Perú"
"Año de la consolidación del Mar de Grau"

PROTOCOLO NACIONAL PARA EL MONITOREO DE LA CALIDAD DE LOS RECURSOS HÍDRICOS SUPERFICIALES



Lima, enero de 2016

PROTOCOLO NACIONAL PARA EL MONITOREO DE LA CALIDAD DE LOS RECURSOS HÍDRICOS SUPERFICIALES

Autoridad Nacional del Agua
Ministerio de Agricultura

Jefe de la Autoridad Nacional del Agua
Ing. Juan Carlos Sevilla Gildemeister

Secretaría General
Abg. Janet Aída Velásquez Arroyo

Director de Gestión de Calidad de los Recursos Hídricos
Blgo. Juan Carlos Castro Vargas

Coordinadora del Protocolo
Blga. María Esther Palacios Burbano

Equipo colaborador
Ing. Paola Chinen Guima
Blga. Melissa Salbatier Portugal
Ing. Flor de María Huamani
Ing. Lourdes Chang Cristóbal
Quím. Daniel Medrano Mallqui
Ing. Rony Colque Granda
Ing. Jorge Silva Morán
Ing. Ramón Gonzales Cornejo
Blgo. Juan José Ocola Salazar
Lic. Llojan Chuquisengo Picon
Blgo. Percy Pérez Díaz
Blga. Lizeth Cárdenas Villena

Apoyo Consultor Internacional de la GIZ
Ing. Klaus Holzner - Experto Integrado CIM

Instituciones colaboradoras
Ministerio del Ambiente - Dirección General de Calidad Ambiental
Ministerio de Salud - Dirección General de Salud Ambiental
Ministerio de la Producción – Despacho Viceministerial de Pesca y Acuicultura – Dirección General de Sostenibilidad Pesquera
Ministerio de la Producción – Viceministerio de MYPE e Industria – Dirección General de Asuntos Ambientales
Ministerio de Agricultura – Dirección General de Asuntos Ambientales
Ministerio de Defensa – Dirección General de Capitanía y Guardacostas del Perú
Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento – Dirección General de Asuntos Ambientales
Ministerio de Energía y Minas – Dirección General de Asuntos Ambientales Mineros
Ministerio de Energía y Minas – Dirección General de Asuntos Ambientales Energéticos
Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental
Instituto del Mar del Perú

Dirección de la Autoridad Nacional del Agua
Calle Diecisiete 355, Urb. El Palomar – San Isidro, Lima
Teléfono: 01-226-0647 – Anexo: 2400

www.ana.gob.pe



CONTENIDO

1. Introducción	4
2. Objetivo	4
3. Base legal	5
4. Alcance y aplicación del protocolo	6
5. Monitoreo de la calidad del cuerpo receptor de vertimientos AUTORIZADOS	6
5.1. Ubicación de los puntos de control de la calidad del cuerpo receptor de un vertimiento de aguas residuales	6
5.1.1. En cuerpo de agua lótico	7
5.1.2. En cuerpo de agua léntico	8
5.1.3. En cuerpo de agua marino-costero	9
5.1.4. Identificación de los puntos de monitoreo y/o control en el cuerpo receptor	10
5.2. Frecuencia de monitoreo de la calidad del cuerpo receptor de un vertimiento de aguas residuales tratadas	10
5.3. Parámetros de control en función de la actividad generadora de las aguas residuales ..	10
5.4. Toma, conservación, preservación y análisis de las muestras de agua	12
5.5. Remisión de los reportes de monitoreo	12
6. Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos SUPERFICIALES	12
6.1. Recursos humanos	12
6.2. Recursos económicos	13
6.3. Tipos de muestras de agua	13
6.4. Planificación del monitoreo	14
6.5. Establecimiento de la red de puntos de monitoreo	15
6.5.1. Cuenca e intercuenca	15
6.5.2. Lagos, lagunas, embalses	15
6.5.3. Mar	16
6.5.4. Codificación del punto de muestreo	16
6.6. Frecuencia de monitoreo	18
6.7. Parámetros recomendados en el monitoreo de la calidad de los recursos hídricos superficiales	18
6.8. Preparación de materiales, equipos e indumentaria de protección	19
6.9. Seguridad en el trabajo de campo	19
6.10. Reconocimiento del entorno	20
6.11. Rotulado y etiquetado	20
6.12. Medición de las condiciones hidrográficas en aguas continentales y marino-costeras ...	20
6.12.1. Condiciones hidrográficas y dinámicas en aguas continentales	20
6.12.2. Condiciones hidrográficas y dinámicas en aguas marino-costeras	22
6.13. Georreferenciación del punto de monitoreo	24
6.14. Medición de los parámetros de campo	24
6.15. Procedimiento para la toma de muestras	25
6.16. Preservación, llenado de la cadena de custodia, almacenamiento, conservación y transporte de las muestras	28
6.17. Aseguramiento de la calidad del muestreo	30



Blancos	30
6.17.1. Duplicados de campo	31
6.17.2. Recomendaciones para el aseguramiento de la calidad del muestreo.....	31
6.18. Actividades postmuestreo	32

ANEXOS

Anexo I:	Ficha de registro de datos de campo
Anexo II:	Etiqueta para muestras de agua
Anexo III:	Cadena de custodia
Anexo IV:	Ficha de Identificación del punto de monitoreo
Anexo V:	Manguera muestreadora
Anexo VI:	Frecuencias de monitoreo establecidas en las normas ambientales sectoriales
Anexo VII:	Conservación y preservación de muestra de agua en función del parámetro evaluado
Anexo VIII:	Glosario de términos
Anexo IX:	Referencias bibliográficas



1. INTRODUCCIÓN

La creciente presión sobre los cuerpos naturales de agua originada por las actividades antropogénicas (poblacionales y productivas) puede afectar la calidad de los recursos hídricos, impactando en los ecosistemas acuáticos y comprometiendo la disponibilidad del recurso hídrico, dado que el uso de aguas contaminadas constituye un riesgo para la salud de las personas y para la calidad de los productos agropecuarios, agroindustriales e hidrobiológicos.

Por tal motivo, se hace necesaria la ejecución de acciones de vigilancia y fiscalización de la calidad de los recursos hídricos que permitan evaluar su calidad para planificar e implementar acciones de prevención, mitigación y control de los impactos negativos.

El monitoreo orientado a la evaluación de la calidad de los recursos hídricos conlleva a un diagnóstico de su estado a través de la evaluación de indicadores químico-físicos de la calidad del agua, obtenidos a través de mediciones y observaciones sistemáticas de las variables de las aguas continentales y marino-costeras. Estas mediciones se desarrollan a través de una metodología y procedimientos estandarizados que involucran la toma de muestras de agua con criterios establecidos en el Protocolo de monitoreo. La aplicación de los procedimientos estandarizados en todas las fases del monitoreo de la calidad del agua permite minimizar y eliminar errores y garantizar la generación de datos e información consistente y confiable para determinar la línea de base y las proyecciones de medidas de recuperación y control de la calidad del agua, las cuales permitirán a los diferentes niveles de gobierno tomar decisiones de forma informada y desarrollar los planes de gestión de recursos hídricos y otros instrumentos de gestión hídrica.

La planificación de una gestión integrada y sostenible de los recursos hídricos permite el uso de agua en cumplimiento de las normas ambientales.



En el marco de sus competencias establecidas en el Reglamento de Organización y Funciones de la Autoridad Nacional del Agua, aprobado por D.S. N.° 006-2010-AG y en cumplimiento del artículo 126.° del D.S. N.° 001-2010-AG, Reglamento de la Ley de Recursos Hídricos, la Dirección de Gestión de Calidad de los Recursos Hídricos, dirección de línea de la Autoridad Nacional del Agua, elabora el **Protocolo nacional para el monitoreo de la calidad de los recursos hídricos superficiales**.

El presente documento sustituye el *Protocolo nacional de monitoreo de la calidad de los cuerpos naturales de agua superficial*, publicado en el año 2011; después de cuatro años de aplicación del protocolo, se ha considerado conveniente actualizar y complementar las metodologías establecidas integrando las mejores prácticas desarrolladas en las actividades de monitoreo de la Autoridad, las normas internacionales en su última actualización y estableciendo mayores precisiones para el monitoreo de las aguas marino-costeras, lagos y lagunas.

2. OBJETIVO

Estandarizar los criterios y procedimientos técnicos para evaluar la calidad de los recursos hídricos, continentales y marino-costeros considerando el diseño de las redes de puntos de monitoreo, la frecuencia, el programa analítico, la medición de parámetros en campo, la recolección, preservación, almacenamiento, transporte de muestras de agua, el aseguramiento de la calidad, la seguridad del desarrollo del monitoreo.

3. BASE LEGAL

- Ley N.° 29338, Ley de Recursos Hídricos
- Ley N.° 28611, Ley General del Ambiente
- Decreto Legislativo N.° 1147, Decreto Legislativo que Regula el Fortalecimiento de las Fuerzas Armadas en las Competencias de la Autoridad Marítima Nacional – Dirección General de Capitanías y Guardacostas
- Resolución Jefatural N° 202-2010-ANA – Clasificación de cuerpos de agua superficiales y marino-costeros, Perú
- Resolución Jefatural N° 489 -2010-ANA; modifica el anexo N.° 1 de la Resolución Jefatural N.° 202-2010-ANA referente a la clasificación de los cuerpos de agua marino-costeros, Perú
- Resolución Jefatural N° 224-2013-ANA – Aprobación del nuevo Reglamento para el Otorgamiento de Autorizaciones de Vertimientos y Reúso de Aguas Residuales Tratadas, Perú
- Resolución Jefatural N° 139-2014-ANA; aprueba la clasificación del cuerpo de agua marino-costero ubicado frente a los distritos de Punta Hermosa, Punta Negra, San Bartolo y Santa María del Mar, provincia y departamento de Lima, Perú
- Resolución Jefatural N° 203-2014-ANA; aprueba la clasificación del cuerpo de agua marino-costero ubicado frente al distrito de Lurin, provincia y departamento de Lima, Perú

Ministerio de Energía y Minas

- Resolución Directoral N.° 004-94-EM/DGAA, *Guía de monitoreo de agua y aire para la actividad minero-metalúrgica*, publicada por el Ministerio de Energía y Minas, Perú

Ministerio de Industria, Turismo, Integración y Negociaciones Comerciales Internacionales

- Resolución Ministerial N° 026-2000-ITINCI, aprueba el Protocolo del Monitoreo de Efluentes Líquidos del sector Industria, Perú

Ministerio de Agricultura

- Decreto Supremo N.° 001-2010-AG, aprueba el Reglamento de la Ley N.° 29338, Ley de Recursos Hídricos, Perú
- Decreto Supremo N° 006-2010-AG, aprueba el *Reglamento de organización y funciones de la autoridad nacional del agua - ANA*, Perú

Ministerio del Ambiente

- Decreto Supremo N° 002-2008-MINAM - Aprueban los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua, Perú
- Decreto Supremo N° 003-2010-MINAM que aprueba los límites máximos permisibles para los efluentes de plantas de tratamiento de aguas residuales domésticas o municipales, Perú
- Decreto Supremo N° 010-2010-MINAM - Aprueban límites máximos permisibles para la descarga de efluentes líquidos de actividades minero-metalúrgicas, Perú
- Decreto Supremo N° 015-2015-MINAM – Modifican los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua y establecen disposiciones complementarias para su aplicación, Perú

Ministerio de la Producción

- Resolución Ministerial N° 003-2002-PE, aprueba el Protocolo para el monitoreo de efluentes para la actividad pesquera de consumo humano indirecto y del cuerpo marino receptor, Perú
- Decreto Supremo N° 010-2008-PRODUCE - Límites máximos permisibles (LMP) para la industria de harina y aceite de pescado y normas complementarias, Perú



Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento

- Resolución Ministerial N° 273-2013-VIVIENDA, aprueba el Protocolo de monitoreo de la calidad de los efluentes de las plantas de tratamiento de aguas residuales domésticas o municipales – PTAR, Perú

4. ALCANCE Y APLICACIÓN DEL PROTOCOLO

El presente *Protocolo Nacional para el Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos Superficiales* es de uso obligatorio a nivel nacional para el monitoreo de la calidad ambiental del agua de los cuerpos de agua tanto continentales (ríos, quebradas, lagos, lagunas, entre otras) como marino-costeros (bahías, playas, estuarios, manglares, entre otros) en cumplimiento de la Ley de Recursos Hídricos, Ley N.° 29338, su Reglamento y demás normas de calidad del agua.

El Protocolo tiene las siguientes aplicaciones:

1. El capítulo 5: "Monitoreo de la calidad del cuerpo receptor de vertimientos autorizados" establece los criterios para el monitoreo de la calidad del cuerpo receptor sobre la base de los Estándares de Calidad Ambiental para Agua a aplicarse por los titulares de autorizaciones de vertimiento de aguas residuales tratadas a cuerpos naturales de agua.
2. El Capítulo 6: "Monitoreo de la calidad de los recursos hídricos superficiales" establece los criterios técnicos y lineamientos generales a aplicarse en las actividades de monitoreo de la calidad del agua realizadas tanto por la Autoridad Nacional del Agua como por otras entidades.

5. MONITOREO DE LA CALIDAD DEL CUERPO RECEPTOR DE VERTIMIENTOS AUTORIZADOS



Este capítulo establece los criterios de cumplimiento obligatorio para el monitoreo de la calidad del cuerpo receptor de vertimientos autorizados, el diseño del programa de monitoreo en el Instrumento de Gestión Ambiental (IGA), la verificación de su cumplimiento y el monitoreo del impacto del vertimiento autorizado de agua residual tratada en el cuerpo receptor.

Asimismo, los criterios establecidos serán aplicables, en lo que corresponde, a la evaluación del impacto ambiental de vertimientos de aguas residuales realizados sin autorización de la Autoridad Nacional del Agua.

5.1. Ubicación de los puntos de control de la calidad del cuerpo receptor de un vertimiento de aguas residuales

En la elaboración y evaluación de los Instrumentos de Gestión Ambiental, se tomarán en cuenta los siguientes criterios para la ubicación de los puntos de control en cuerpos de agua lóticos (ríos o similares) (capítulo 5.1.1), lénticos (lagos y similares) (capítulo 5.1.2) y marino-costeros (capítulo 5.1.3).

Los puntos de control establecidos en la autorización de vertimiento deben ser concordantes con lo señalado en el instrumento de gestión ambiental según las exigencias de las diferentes entidades de fiscalización ambiental (sector ambiental competente, Digesa, ANA, etc.) para evitar sobrecostos por duplicidad de monitoreos.

5.1.1. En cuerpo de agua lótico

Los puntos de control en el cuerpo receptor lótico se ubican fuera de la zona de mezcla¹: un punto aguas arriba a una distancia de 50 metros del vertimiento y un punto de aguas abajo a una distancia de 200 metros en la misma orilla donde se realiza el vertimiento.

La distancia de 50 m del punto de control aguas arriba del vertimiento corresponde a una distancia referencial; la ubicación exacta dependerá de las condiciones naturales del cauce del río o quebrada en lo referente a su forma, turbulencias y obstáculos para el respectivo muestreo, por lo que no necesariamente sería la distancia de 50 m; por ejemplo, pueden ser 20 o 30 m aguas arriba del vertimiento. Asimismo, cuando exista un cuerpo natural de agua que tribute al cuerpo receptor, otros usos de agua u otros vertimientos de aguas residuales aguas arriba del vertimiento a distancias menores de 50 metros, el punto de control será ubicado aguas abajo de estos.

Sin embargo, para los siguientes casos los puntos de control serán ubicados a distancias mayores:

- Cuando el Instrumento de Gestión Ambiental compruebe mediante la metodología simplificada publicada por la USEPA² y otra metodología debidamente sustentada que la extensión de la zona de mezcla es mayor a 200 metros, el punto de control aguas abajo será ubicado en el límite de la zona de mezcla calculada.
- Cuando los puntos determinados según los criterios anteriores no son representativos³ o accesibles en condiciones seguras, los puntos de control aguas arriba y/o aguas abajo serán ubicados en los sitios representativos⁴ de acceso seguro más cercanos a aquellos. Para el caso de los puntos de control aguas abajo, serán ubicados preferentemente fuera de la zona de mezcla.
- Cuando el mismo proyecto realice varios vertimientos al mismo cuerpo receptor, se podrán establecer dos puntos de control aguas arriba y aguas debajo de los vertimientos en el límite del área de influencia directa solamente, los cuales constituyen los puntos de control de todos los



¹ Véase el Decreto Supremo N.º 023-2009-MINAM, artículo 5.º. Implementación del ECA para Agua y la Zona de Mezcla: "En aquellos cuerpos de agua utilizados para recibir vertimientos de efluentes, la Autoridad Nacional del Agua deberá verificar el cumplimiento de los ECA para Agua fuera de la zona de mezcla, considerando como referente la categoría asignada para el cuerpo de agua".

² Metodología simplificada de la USEPA (1995):

$$L_{ZdM} = \frac{w^2 u}{f \pi c d \sqrt{(g d s)}}$$

- L_{ZdM} es la extensión de la zona de mezcla aguas abajo del vertimiento (m).
- W es el ancho promedio del cuerpo de agua (m).
- u es la velocidad de flujo promedio del río en la ubicación del vertimiento (m/s).
- f es un factor que considera la ubicación del vertimiento: $f = 2$ para un vertimiento en la orilla; $f = 8$ para un vertimiento en el centro del río/quebrada.
- c es el factor de irregularidad del cauce observada en campo:
 - $c = 0,1$ para ríos rectos con cauce rectangular
 - $c = 0,3$ para ríos canalizados
 - $c = 0,6$ para cauces naturales con serpentear moderado
 - $c = 1,0$ para cauces naturales con serpentear significativo
 - $c = 1,3$ para ríos con cambios de dirección bruscos de 90° o mayor
- d es la profundidad media del río aguas abajo del vertimiento (m).
- g es la aceleración por gravedad = 9,80665 m/s²
- s es la pendiente del cauce aguas abajo del vertimiento (m/m), determinada con base en el mapa topográfico o medición en campo con GPS.

³ Evitar zonas de embalse o turbulencia.

⁴ Ubicar el punto de monitoreo en el lugar donde el cuerpo natural de agua presente un cauce regular y uniforme.

vertimientos. Esto permitirá la evaluación de todos los impactos potenciales del proyecto en la calidad de los recursos hídricos incluyendo los impactos de los vertimientos de aguas residuales tratadas.

Si aguas abajo del vertimiento existieran usos del agua⁵ u otros vertimientos de aguas residuales realizados por terceros, el punto de control en todos los casos deberá ser ubicado aguas arriba de estos.

5.1.2. En cuerpo de agua léntico

Los puntos de control en el cuerpo receptor léntico se ubican fuera de la zona de mezcla. Se considerarán por lo menos cuatro (04) puntos de control en las diferentes direcciones alrededor y a una distancia de 200 metros del dispositivo de descarga.

Sin embargo, los puntos de control serán establecidos en distancias mayores cuando el Instrumento de Gestión Ambiental compruebe mediante modelo numérico⁶ u otra metodología debidamente sustentada que la extensión de la zona de mezcla es mayor que 200 metros. Asimismo, cuando los puntos determinados según los criterios anteriores no son accesibles en condiciones seguras, serán ubicados en el sitio de acceso seguro más cercano.

En caso de lagos y lagunas donde no existen vertimientos de aguas residuales o usos del agua⁵, se podrán establecer mínimamente dos (02) puntos, preferentemente en la entrada y en la salida de la laguna.

Sin embargo, se puede establecer mínimamente un punto de control si el Instrumento de Gestión Ambiental indica la batimetría en el punto de vertimiento, el caudal de descarga máxima, la temperatura y la conductividad eléctrica de las aguas residuales tratadas, el perfil de la temperatura y la conductividad eléctrica de las aguas naturales y el diseño del dispositivo de descarga y determine la extensión de la zona de mezcla mediante un modelo numérico u otra metodología debidamente sustentada⁶. En tal caso, el punto de control será establecido en el límite de la zona de mezcla donde esta alcance su extensión máxima.

Si en la proximidad del vertimiento existieran usos de agua⁵ u otros vertimientos autorizados, el punto de control en todo caso debe ser ubicado entre el punto de vertimiento y el uso de otro vertimiento.

Las muestras se toman en las siguientes profundidades:

- En la superficie;
- En caso de puntos con más de 5 metros de profundidad, adicionalmente en el fondo a 50 cm del sustrato;
- En caso de puntos con más de 10 metros de profundidad, adicionalmente a la mitad de la columna de agua.



⁵ Usos del agua son tomas de agua para uso poblacional, agrícola, ganadero, industrial, acuícola y otros, zonas de uso primario (preparación de alimentos, consumo directo, aseo personal, uso en ceremonias culturales, religiosas y rituales), zonas de uso recreativo de contacto primario (actividades como natación, canotaje o similares), zonas de extracción de especies hidrobiológicas para el consumo humano directo y zonas utilizadas para bebida de animales.

⁶ Software reconocido por una institución internacional de derecho público. Se recomiendan los modelos de simulación auspiciados por el Centro de Modelamiento para la Evaluación de la Exposición (*Center for Exposure Assessment Modeling* [CEAM]) de la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (US-EPA), como el software libre Visual Plumes (USEPA, 2003).

5.1.3. En cuerpo de agua marino-costero

Los puntos de control en el cuerpo receptor marino-costero se ubican fuera de la zona de mezcla: por lo menos cuatro (04) puntos de control en las cuatro direcciones alrededor y a una distancia de 200 metros del dispositivo de descarga.

Sin embargo, de contarse con la información sobre la dirección de corriente en la toma de muestra, se podrán establecer mínimamente dos puntos de control ubicados a una distancia fija de 200 metros del dispositivo de descarga y en una dirección variable correspondiente a la corriente marina predominante en el momento de la toma de muestra. Un punto será ubicado en la misma dirección de la corriente, la cual deberá ser determinada previamente a la toma de muestra; mientras que el segundo punto será ubicado en dirección contraria de la corriente.

Sin embargo, los puntos de control serán establecidos a distancias mayores cuando el Instrumento de Gestión Ambiental compruebe mediante modelo numérico⁶ u otra metodología debidamente sustentada, que la extensión de la zona de mezcla es mayor a 200 metros. Asimismo, cuando los puntos determinados según los criterios anteriores no son accesibles en condiciones seguras, serán ubicados en el sitio de acceso seguro más cercano.

Si al interior de los 200 metros o de la zona de mezcla determinada, existieran áreas acuáticas donde se desarrollan usos recreativos, acuícolas, tomas de agua para uso poblacional o industrial, artefactos navales, naves, instalaciones acuáticas o embarcaciones en general⁷; el punto de control en todo caso deberá ser ubicado entre el punto de vertimiento y el área acuática de interés o el punto de toma de agua.

Tomando como base la fuente de agua de la actividad generadora de aguas residuales tratadas, las muestras de agua de mar serán tomadas a las siguientes profundidades:

- En la superficie cuando se generan aguas residuales en el uso de agua dulce.
- En la superficie y en el fondo a 50 cm del sustrato, cuando se generan aguas residuales por el uso de agua marina o el uso combinado de agua dulce y marina. Para aquellos casos donde la profundidad en el punto de monitoreo sea mayor a 10 metros, se tomará una muestra adicional a la mitad de la columna de agua.⁸
- En caso de vertimiento de salmueras, se tomarán las muestras en el fondo solamente a 50 cm del sustrato. Sin embargo, cuando las aguas residuales tratadas contengan aceites y grasas y/o hidrocarburos de petróleo, se tomará una muestra adicional en la superficie.

Es importante precisar que para la pertinencia de la toma de muestra en superficie, media agua o en el fondo, se tomará en cuenta lo establecido en el Instrumento de Gestión Ambiental.

En el caso de vertimientos de aguas residuales tratadas mediante emisor submarino que contenga patógenos (aguas residuales municipales, domésticos, agroindustriales u otros), los parámetros microbiológicos serán controlados en el límite de las zonas sensibles a la contaminación microbiológica, tales como las áreas acuáticas usadas para la producción y extracción de moluscos u otras especies hidrobiológicas⁹ para actividades recreacionales o tomas de agua poblacional o industrial, y la biota marina de las Áreas Naturales Protegidas o ecosistemas frágiles. Para tal fin,



⁷ Incluye todas las áreas acuáticas administradas por la Autoridad Marítima Nacional de acuerdo con el artículo 1.m° del Decreto Legislativo N.° 1147.

⁸ De conformidad con lo establecido en la Resolución Ministerial N.° 003-2002-PE.

⁹ Áreas habilitadas por la Dirección General de Capitanías y Guardacostas del Ministerio de Defensa para desarrollar actividades de acuicultura y áreas donde el Ministerio de la Producción ha otorgado un derecho de uso acuícola.

los puntos de control de los parámetros microbiológicos serán establecidos en el límite de las zonas sensibles¹⁰ potencialmente afectadas por el vertimiento de aguas residuales de acuerdo con la evaluación técnica-ambiental realizada en el Instrumento de Gestión Ambiental. En estos puntos, las muestras de agua serán tomadas en la superficie.

El presente Protocolo no es aplicable para los vertimientos de aguas residuales provenientes de plataformas de perforación.

5.1.4. Identificación de los puntos de monitoreo y/o control en el cuerpo receptor

El punto de control debe ser identificado de manera que permita su ubicación exacta antes de la toma de la muestra. En la determinación de la ubicación se utilizará el Sistema de Posicionamiento Global (GPS); las coordenadas del punto de control deberán ser expresadas en sistema UTM para puntos en cuerpos de agua continental y en el sistema geográfico para puntos de monitoreo en el mar, ambos en estándar geodésico WGS84.

Asimismo, deberán registrarse puntos de referencia en la proximidad del punto de monitoreo, tales como puentes, kilometraje vial, localidad u otro elemento que permitan su ubicación rápida en campo. En el caso de los puntos de monitoreo y/o control en cuerpos de agua lénticos o marino-costeros, será útil indicar por lo menos dos puntos de referencia de la costa que permitan la localización del punto en campo, así como señalar el punto con una boya u otra señal¹¹ que permita su identificación por otras personas.

5.2. Frecuencia de monitoreo de la calidad del cuerpo receptor de un vertimiento de aguas residuales tratadas

El monitoreo de la calidad del cuerpo receptor y del agua residual tratada es realizado en las mismas fechas y la frecuencia del monitoreo de la calidad del cuerpo receptor será igual a la frecuencia establecida por las normas ambientales sectoriales vigentes para el control de la calidad de las aguas residuales tratadas. (Véase el anexo VI).

En el caso de los vertimientos no considerados en la norma ambiental sectorial se considerará la frecuencia establecida en dicha norma solo para establecer la fecha y la frecuencia del monitoreo de la calidad del cuerpo receptor.

5.3. Parámetros de control en función de la actividad generadora de las aguas residuales

Cuadro 1. Programa analítico para el control de la calidad del agua natural de un cuerpo receptor en función de la actividad generadora de las aguas residuales y de la categoría ECA-Agua del cuerpo receptor.

Actividad generadora	Categoría 1	Categoría 2	Categoría 3	Categoría 4 Ríos, lagunas y lagos	Categoría 4 Ecosistemas marino-costeros
Doméstica y municipal	pH, T, AyG, C. term., DBO ₅ , DQO, P(L) Adicionalmente para aguas residuales cloradas, se medirán	pH, T, AyG, C. term., DBO ₅ , SST	pH, T, AyG, C. term., DBO ₅ , DQO	pH, T, AyG, C. term., DBO ₅ , SST, P(L), N _{tot} (L)	pH, T, AyG, C. term., DBO ₅ , SST

¹⁰ En el caso de áreas acuáticas usadas para actividades recreativas (playas), los puntos de control de los parámetros microbiológicos serán ubicados fuera de la zona de rompiente de olas para garantizar la toma de muestra en condiciones seguras. Por lo tanto, su distancia de la orilla puede variar según las condiciones oceanográficas el día de la toma de muestra.

¹¹ Se recomienda utilizar materiales reciclados como botellas o bidones de plástico para evitar pérdidas por robo.

Actividad generadora	Categoría 1	Categoría 2	Categoría 3	Categoría 4 Ríos, lagunas y lagos	Categoría 4 Ecosistemas marino-costeros
	trihalometanos; salvo se sustente su exclusión en el IGA				
Minera y metalúrgica	pH, AyG, CN _{tot} , As, Cd, Cr, Cu, Pb, Hg, Zn	pH, AyG, SST, CN _{WAD} , As, Cd, Cr ⁺⁶ , Cu, Pb, Hg, Zn	pH, AyG, CN _{WAD} , As, Cd, Cr, Cu, Pb, Hg, Zn	pH, AyG, SST, CN _{tot} , As, Cd, Cr ⁺⁶ , Cu, Pb, Hg, Zn	pH, AyG, SST, CN _{tot} , As, Cd, Cr ⁺⁶ , Cu, Pb, Hg, Zn
Extracción y procesamiento de hidrocarburos	pH, T, AyG, HTP, cloruros, N-NH ₃ , P, As, Ba, Cd, Cr, Hg, Pb, fenoles(R), Benzo(a)pireno(R)	pH, T, AyG, HTP-FA, P, As, Cd, Cr ⁺⁶ , Hg, Pb, S(R)	pH, T, AyG, cloruros, As, Ba, Cd, Cr, Hg, Pb, fenoles(R)	pH, T, AyG, HTP, N-NH ₃ , P, As, Ba, Cd, Cr ⁺⁶ , Hg, Pb, fenoles(R), S(R), Benzo(a)pireno(R)	pH, T, AyG, HTP, N-NH ₃ , P, As, Ba, Cd, Cr ⁺⁶ , Hg, Pb, fenoles(R), S(R), Benzo(a)pireno(R)
Generación, transmisión y distribución de energía eléctrica	pH, T, AyG	pH, T, AyG, SST	pH, T, AyG	pH, T, AyG, SST	pH, T, AyG, SST
Procesamiento industrial de pescados y mariscos	pH, AyG, DBO ₅ , P(L)	pH, AyG, SST, DBO ₅	pH, AyG, DBO ₅	pH, AyG, SST, DBO ₅ , P(L), N _{tot} (L)	pH, AyG, SST, DBO ₅
Procesamiento de productos agrícolas y pecuarios	pH, AyG, DBO ₅ , P(L)	pH, AyG, SST, DBO ₅	pH, AyG, DBO ₅	pH, AyG, SST, DBO ₅ , P(L), N _{tot} (L)	pH, AyG, SST, DBO ₅
Producción de bebidas alcohólicas y no alcohólicas	pH, T, AyG, DBO ₅ , DQO, P(L)	pH, T, AyG, DBO ₅ , SST	pH, T, AyG, DBO ₅ , DQO	pH, T, AyG, DBO ₅ , SST, P(L), N _{tot} (L)	pH, T, AyG, DBO ₅ , SST
Ganadería intensiva e instalaciones de sacrificio	pH, T, AyG, C.term., DBO ₅ , DQO, P(L)	pH, T, AyG, C.term., DBO ₅ , SST	pH, T, AyG, C.term., DBO ₅ , DQO	pH, T, AyG, C.term., DBO ₅ , SST, P(L), N _{tot} (L)	pH, T, AyG, C.term., DBO ₅ , SST
Producción de celulosa y papel	pH, T, AyG, DBO ₅ , DQO, P(L)	pH, T, AyG, DBO ₅ , SST	pH, T, AyG, DBO ₅ , DQO	pH, T, AyG, DBO ₅ , SST, P(L), N _{tot} (L)	pH, T, AyG, DBO ₅ , SST
Curtiembre	pH, T, AyG, DBO ₅ , DQO, P(L), N-NH ₃ , Cr	pH, T, AyG, DBO ₅ , SST, S, Cr ⁺⁶	pH, T, AyG, DBO ₅ , DQO, Cr	pH, T, AyG, DBO ₅ , SST, P(L), N-NH ₃ , S, Cr ⁺⁶	pH, T, AyG, DBO ₅ , SST, N-NH ₃ , S, Cr ⁺⁶
Cementera	pH, T	pH, T, SST	pH, T	pH, T, SST	pH, T, SST
Otras actividades no indicadas en lo anterior	Los parámetros considerados en los ECA-Agua en la categoría perteneciente e indicados para la actividad industrial correspondiente en las <i>Guías sobre Medio Ambiente, Salud y Seguridad</i> (www.ifc.org/ehsguidelines) publicadas por Corporación Financiera Internacional (IFC) del Grupo del Banco Mundial u otros documentos referenciales publicados por instituciones de Derecho Internacional Público.				



Elaboración propia

Dónde: (As) arsénico, (AyG) aceites y grasas, (Ba) bario, (DBO₅) demanda bioquímica de oxígeno en cinco días, (DQO) demanda química de oxígeno, (Cd) cadmio, (CN_{tot}) cianuro total, (CN_{WAD}) cianuro WAD, (Cr) cromo total, (Cr⁺⁶) cromo hexavalente, (C. term.) coliformes termotolerantes, (Cu) cobre, (Hg) mercurio, (HTP) hidrocarburos totales de petróleo, (HTP-FA) hidrocarburos totales de petróleo – fracción aromática, (L) parámetro requerido solamente en caso que el cuerpo receptor sea un cuerpo de agua léntico o tributa a un cuerpo de agua léntico, (N-NH₃) amoníaco, (N-NO₃) nitrógeno en nitratos, (N_{tot}) nitrógeno total, (P) fósforo total, (Pb)

plomo, (R) parámetro requerido solamente en caso de refinerías FCC, (S) sulfuros, (SST) sólidos suspendidos totales, (T) temperatura en grados Celsius, (Zn) zinc, e (IGA) Instrumento de Gestión Ambiental.

En caso de aprobarse, posteriormente a la publicación del presente Protocolo, los **límites máximos permisibles** para parámetros no considerados en la cuadro precedente o para actividades no contempladas, el programa de monitoreo deberá adecuarse según las disposiciones y los plazos establecidos por la autoridad ambiental competente. En tal caso, se incorporarán dichos parámetros también en el programa analítico para el control de la calidad del agua del cuerpo receptor, siempre que en la categoría correspondiente al cuerpo natural de agua se haya establecido el respectivo Estándar de Calidad Ambiental para Agua o la autoridad ambiental sectorial lo estime pertinente. Asimismo, ante actualizaciones o modificaciones de los Estándares de Calidad Ambiental para Agua (categorías y/o parámetros), se revisará y de ser necesario actualizará el cuadro 1.

5.4. Toma, conservación, preservación y análisis de las muestras de agua

La toma de muestra de agua natural deberá ser realizada en los puntos de control y a la profundidad establecidos en la autorización de vertimiento de aguas residuales tratadas en concordancia con lo señalado en el Instrumento de Gestión Ambiental y de acuerdo con las disposiciones establecidas en el presente Protocolo.

En caso las condiciones climáticas (tormentas, lluvias o nevadas) u oceanográficas (braveza del mar) no permitan la toma de muestra en condiciones seguras, se prescindirá de realizar el monitoreo en el cuerpo receptor, lo que deberá ser debidamente sustentado.

El tipo de recipiente, las condiciones de preservación y el tiempo máximo de almacenamiento de las muestras de agua debe ser concordante con lo indicado en el anexo VII. El análisis deberá ser realizado por un laboratorio acreditado. (Véase el glosario).

5.5. Remisión de los reportes de monitoreo

Los resultados del monitoreo deberán ser sistematizados según el formato publicado en el la página web de la Autoridad Nacional del Agua y reportados por vía digital junto con sus respectivos informes de ensayo escaneados en un plazo no mayor de 15 días calendarios después de finalizado el trimestre de evaluación.

La información resultante de la presentación de los reportes de monitoreo será de acceso para las instituciones con competencia en evaluación ambiental de las actividades del sector correspondiente.

6. MONITOREO DE LA CALIDAD DE LOS RECURSOS HÍDRICOS SUPERFICIALES

El capítulo 6 establece los criterios generales para el desarrollo del monitoreo de la calidad de los recursos hídricos superficiales, que considera desde la logística mínima necesaria, planificación, ejecución e informe técnico, cuyo contenido deberá ser de aplicación y referente obligatorio para la Autoridad Nacional del Agua y otros que pudieran desarrollar similar actividad.

6.1. Recursos humanos

El monitoreo de la calidad de los recursos hídricos superficiales deberá ser realizado por un equipo de personas con conocimiento sobre la toma de muestras, preservación, transporte y todos los puntos tomados en el presente Protocolo. Asimismo, deberán conocer la zona de muestreo y los lugares de acceso. El equipo deberá contar como mínimo con dos (02) personas, a fin de que se realice una distribución homogénea de las actividades en campo.



6.2. Recursos económicos

La actividad de monitoreo deberá contar con presupuesto económico para los siguientes aspectos:

- Traslado del equipo de trabajo: combustible, peajes, alquiler de camioneta
- Viáticos por cada recurso humano
- Envío de muestras: por *courier*
- Análisis de las muestras por cada parámetro evaluado
- Alquiler de equipo de monitoreo
- Materiales de escritorio, compra de hielo, etc.

6.3. Tipos de muestras de agua

Las muestras de agua pueden clasificarse en los siguientes tipos:

a. Muestra simple o puntual

A esta muestra también se le denomina discreta. Consiste en la toma de una porción de agua en un punto o lugar determinado para su análisis individual. Representan las condiciones y características de la composición original del cuerpo de agua para el lugar, tiempo y circunstancias particulares en el instante en el que se realizó su recolección.

Cuando la composición de una fuente es relativamente constante a través de un tiempo prolongado o a lo largo de áreas sustanciales, puede decirse que la muestra simple es representativa de un intervalo de tiempo o un volumen más extenso. En tales circunstancias, las características de un cuerpo de agua pueden estar adecuadamente representadas por muestras simples, como en el caso de aguas de suministro, aguas subterráneas, algunos casos de aguas superficiales y de manera extraordinaria en algunas corrientes de aguas residuales.

b. Muestra compuesta

Es el resultado de la mezcla homogenizada de varias muestras simples colectadas durante un periodo determinado según proporciones concretas. Pueden ser de volumen fijo o de volumen proporcional, dependiendo del intervalo del muestreo y el volumen de cada muestra simple que lo conforma.

Este tipo de muestras se emplea cuando se requieren conocer las condiciones promedio en un determinado periodo. Son generalmente usadas para la caracterización de aguas residuales.

La muestra compuesta de volumen fijo se compone mezclando en un mismo recipiente las alícuotas de igual volumen. La muestra compuesta de volumen proporcional, aplicado principalmente para ríos o quebradas de bajo caudal y de alta variabilidad, se compone tomando y mezclando en un mismo recipiente un volumen (alícuota) de muestra que se calcula de la siguiente forma:

$$V_i = \frac{V \times Q_i}{n \times Q_p}$$

Donde:

V_i : Volumen de cada alícuota o porción de muestra

V : Volumen total a componer

Q_i : Caudal instantáneo medido en el momento de toma de muestra

Q_p : Caudal promedio durante el muestreo

n : Número de muestras tomadas



Se recomienda exceder el volumen de muestra total a componer en un 20 % a fin de suplir pérdidas o derrames durante la manipulación.

c. Muestra integrada

Consiste en la homogenización de muestras puntuales tomadas en diferentes puntos simultáneamente, con la finalidad conocer las condiciones de calidad de agua promedio en los cuerpos de agua.

Dentro de esta clasificación, se ubican las muestras integradas de área que comprenden varias muestras simples tomadas en varios puntos de una determinada área acuática (ancho de un río) y las muestras integradas de profundidad, que abarcan muestras simples o compuestas tomadas a lo largo de la columna de agua.

El primer caso mide el ancho del río y se divide en cuatro secciones iguales. Se toman muestras a 1/4, 1/2 y 3/4 de la sección transversal del río. Posteriormente, se homogenizan partes iguales de cada muestra obtenida.

Para la toma de las muestras integradas en cuerpos de agua profundos, se pueden realizar muestreos puntuales a diferentes profundidades o de todo el segmento de la columna de agua utilizando una manguera muestreadora. (Véase el ítem 6.15).

6.4. Planificación del monitoreo

La planificación del monitoreo se realiza en gabinete con la finalidad de diseñar el trabajo de monitoreo que incluye el establecimiento del ámbito de evaluación (cuenca, unidad hidrográfica, recurso hídrico), puntos de monitoreo, lugares de acceso, verificación y ubicación de la zona de muestreo y los puntos de monitoreo mediante el empleo de herramientas informáticas (Ej. Google Earth), los parámetros a evaluar en cada punto de monitoreo, los equipos, materiales, reactivos, formatos de campo, logística a utilizar para el traslado del equipo de trabajo y para el análisis de las muestras.

Grafico 1. Actividades realizadas en el monitoreo de la calidad de los recursos hídricos superficiales



PREMONITOREO	MONITOREO	POSTMONITOREO
- Planificación del Monitoreo - Establecimiento de la red de puntos de monitoreo - Codificación del punto de muestreo - Frecuencia de Monitoreo - Parámetros recomendados a evaluar en el monitoreo de la calidad de los recursos hídricos - Preparación de materiales, equipos e indumentaria de protección - Seguridad en el trabajo de campo	- Reconocimiento del entorno - Rotulado y Etiquetado - Medición de las condiciones hidrográficas en aguas continentales y marino costeros - Georeferenciación del punto de monitoreo - Medición de los parámetros de campo - Toma de muestra - Preservación - Llenado de la cadena de custodia - Transporte de las muestras - Aseguramiento de la calidad de los resultados.	- Análisis de las muestras por el laboratorio acreditado por la INACAL. - Procesamiento y revisión de datos de los análisis. - Elaboración del Informe técnico del monitoreo

6.5. Establecimiento de la red de puntos de monitoreo

El establecimiento de la red de puntos de monitoreo de un recurso hídrico superficial deberá realizarse de manera preliminar en gabinete. Para ello, es necesario contar con un mapa hidrográfico de la cuenca hidrográfica e intercuenca o de la zona marina. La recopilación e integración de información se realizan a través de herramientas informáticas como ArcGis, Google Earth Pro, entre otras.

6.5.1. Cuenca e intercuenca

Para el caso de una cuenca hidrográfica e intercuenca, el mapa debe contar con la delimitación de las unidades hidrográficas, ríos, lagos y lagunas, ubicación de infraestructura hidráulica (bocatomas, túneles, embalses), centros poblados y zonas urbanas, red vial, áreas naturales protegidas, pasivos mineros y/o hidrocarburíferos, vertimientos autorizados, captaciones de agua para uso poblacional, fuentes contaminantes puntuales y difusas provenientes de las actividades mineras, industriales, acuícola, agrícola, ganadera, etc. y toda información concerniente al área de evaluación. La ubicación de los puntos de monitoreo deberán incluir los siguientes aspectos:

- En la naciente del recurso hídrico, la cual se ubica generalmente en la cabecera de cuenca donde nacen los ríos, que servirá como punto de referencia o "blanco".
- En el estuario o zona de la desembocadura del río al mar.
- Aguas arriba de la confluencia con importantes afluentes laterales (cuerpos de agua laterales y trasvases), un punto en el río principal.
- Un punto de monitoreo por debajo de fuentes contaminante puntuales y difusas. En cuencas hidrográficas densamente pobladas es necesario la priorización de los puntos de monitoreo, estableciendo puntos representativos por tipo de fuente contaminante.
- Aguas abajo de la salida de embalses y lagunas.
- En zonas de protección tales como reservas, parques naturales, etc.
- En caso se cuente con una red de estaciones hidrométricas en la cuenca materia de evaluación, se recomienda que el punto de monitoreo de calidad de agua se ubique cerca a dicha estación hidrométrica para que se pueda contar con la medición simultánea del caudal.

El lugar establecido para la toma de la muestra de agua debe ser de acceso seguro, evitando caminos empinados, rocosos, vegetación densa y fangos.

Se debe precisar que el muestreo debe iniciarse desde los puntos ubicados en la parte alta de la cuenca o intercuenca.

6.5.2. Lagos, lagunas, embalses

En recursos hídricos lénticos, el mapa deberá considerar la integración de la siguiente información en mapas cartográficos: desembocadura de ríos, principales centros poblados y zonas urbanas, vertimientos autorizados de aguas residuales tratadas, fuentes contaminantes puntuales y difusas, pasivos mineros, hidrocarburíferos, agrícolas, actividades productivas e industriales, instalaciones acuáticas, zonas acuícolas, zonas recreativas (balneabilidad), áreas naturales protegidas, batimetría, entre otras. El establecimiento de la red de puntos de monitoreo, debe considerar los siguientes criterios:

- Los puntos de monitoreo deberán ser ubicados donde se desarrollen actividades específicas (zona de pesca, recreación, acuicultura, etc.) o en zonas de importancia particular, como puntos



- de toma de agua para uso poblacional, zonas de desove o crianza de peces, zonas de ingresos de afluentes, zonas de descarga, zonas de floraciones de algas u otras características atípicas.
- El número de puntos de monitoreo debe ser definido en función del tamaño de la zona de interés.
 - En zonas sin influencia antropogénica que servirá como punto de referencia o "blanco".
 - Para recursos hídricos con profundidades mayores a 6 metros, considerar la toma de muestras en superficie, termoclina y a 1 metro del fondo. La profundidad de la termoclina se calcula midiendo la temperatura en la columna de agua y determinando la zona de mayor variación. La medición de la temperatura se realiza con ecosondas de profundidad.

6.5.3. Mar

Para la ubicación de los puntos de monitoreo en la zona marina, se debe integrar en un mapa cartográfico la siguiente información: delimitación del cuerpo de agua marino-costero, desembocadura de ríos, principales centros poblados y zonas urbanas, vertimientos autorizados de aguas residuales tratadas, fuentes contaminantes puntuales y difusas, pasivos mineros, hidrocarbúricos, agrícolas, actividades productivas e industriales, instalaciones acuáticas, zonas acuícolas, zonas recreativas (balneabilidad), áreas naturales protegidas, batimetría, entre otras. El establecimiento de la red de puntos de monitoreo debe considerar los siguientes criterios:

- Los puntos de monitoreo deberán ser ubicados donde se desarrollen actividades específicas (zonas de pesca, áreas de concesión para la maricultura y bancos naturales de moluscos bivalvos, desove o crianza de peces, recreación, balnearios, acuicultura, etc.).
- En zonas de importancia particular como puntos de toma de agua para uso poblacional, desalinización, zonas de descarga de ríos, zonas de floraciones de algas u otras características atípicas.
- El número de puntos de monitoreo debe ser definido en función del tamaño de la zona de interés.
- En zonas sin influencia antropogénica que servirá como punto de referencia o "blanco".
- Se debe considerar la toma de muestras en superficie, termoclina y a un metro del fondo. La profundidad de la termoclina se calcula midiendo la temperatura en la columna de agua y determinando la zona de mayor variación. La medición de la temperatura se realiza con ecosondas de profundidad.



6.5.4. Codificación del punto de muestreo

El punto de muestreo debe ser identificado y reconocido claramente, de manera que permita su ubicación exacta en muestreos futuros. En la determinación de la ubicación se utilizará el Sistema de Posicionamiento Global (GPS); las coordenadas del punto de monitoreo deberán ser registradas en sistema UTM para puntos en cuerpos de agua continental y en sistema geográfico para puntos de monitoreo en el mar, ambos en estándar geodésico WGS84.

Asimismo, deberán registrarse puntos de referencia en la proximidad del punto de monitoreo, tales como puentes, kilometraje vial, localidad u otro elemento que permita la ubicación rápida en campo.

En el caso de puntos de muestreo en cuerpos de agua lénticos o marino costeros, es útil indicar por lo menos dos puntos de referencia en la costa que permitan la identificación del punto en el campo.

Toda la información relativa al punto de monitoreo será registrada en el formato del anexo IV: *Formato de identificación del punto de monitoreo*.

Todos los puntos de muestreo establecidos por la Autoridad Nacional del Agua en el marco de las actividades de Monitoreo de la calidad de los recursos hídricos superficiales deberán poseer un código que será determinado según el siguiente detalle.

El código de cada punto de muestreo ubicado en cuerpos naturales de agua continental estará conformado por los siguientes elementos:

[Sigla del tipo de cuerpo de agua] [Sigla del nombre del cuerpo de agua] [Numeración continua]

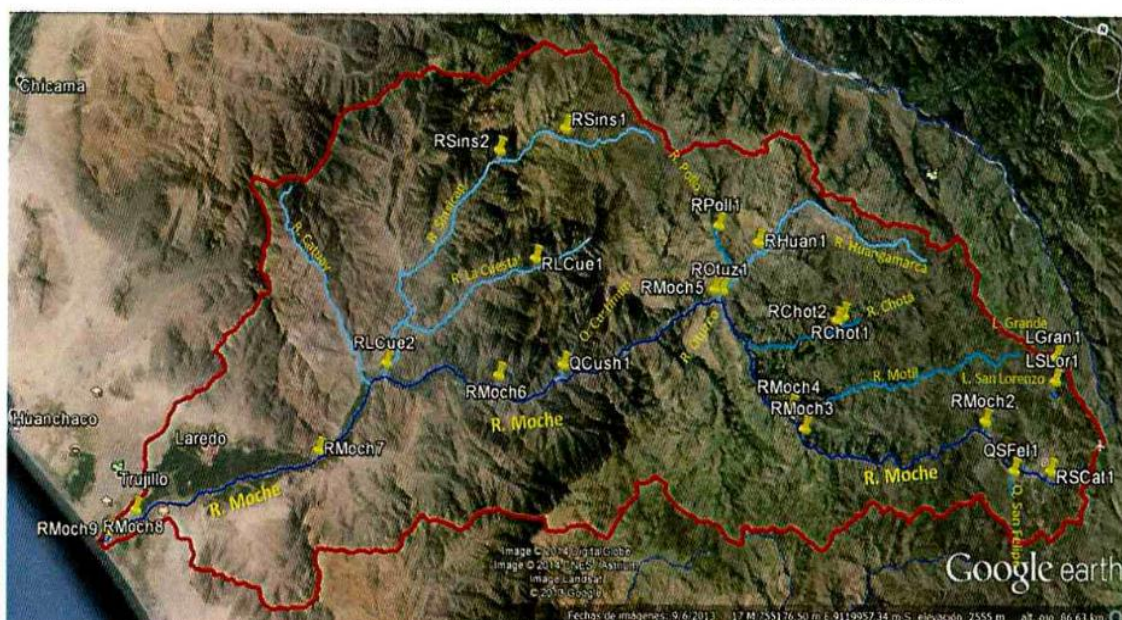
- Sigla del tipo del cuerpo de agua

R	→	Río
Q	→	Quebrada
C	→	Cocha
F	→	Manantial
L	→	Laguna natural o artificial, lago
E	→	Embalse o represa
H	→	Humedal, bofedal
M	→	Mar
B	→	Bahía
G	→	Estuario, manglar o marisma

- Sigla del nombre del cuerpo natural de agua: compuesta por las cuatro (04) letras iniciales del nombre del cuerpo de agua. Para nombres compuestos se utiliza la primera letra de la primera palabra y las primeras tres (03) letras de la segunda palabra; por ejemplo Santa Bárbara: SBAr.
- Numeración continua: los números se asignan en orden creciente y se inicia en la parte más alta de la cuenca (cabecera o naciente) con el número 1 y se aumenta la numeración hasta su desembocadura del río al mar.

Como ejemplo: si a una red de monitoreo está constituida por 21 puntos y se desea agregarle un punto adicional, el nuevo punto de monitoreo va a recibir el número siguiente al último punto de monitoreo asignado, es decir, será el punto 22. Si se elimina un punto de monitoreo de una red, el número de este punto no deberá ser "reciclado" o "reasignado" para un nuevo punto de monitoreo.

Gráfico 2. Cuenca del río Moche, mostrando la red de puntos de monitoreo.



Fuente ANA: I.T. N° 041-2014-ANA-DGCRH/GOCRH

6.6. Frecuencia de monitoreo

La frecuencia de monitoreo se establece para medir los cambios sustanciales en la calidad del recurso hídrico que ocurren en determinados periodos, los cuales pueden estar influenciados por:

- Estacionalidad de la cuenca (épocas de avenida, transición y de estiaje)
- Variabilidad de las corrientes marinas
- La variabilidad del proceso productivo de las actividades industriales
- La estacionalidad de la actividad de pesca industrial
- La ocurrencia de eventos extraordinarios (huaycos, accidentes, derrame de sustancias peligrosas, floración de algas, etc.)
- Ocurrencia de enfermedades endémicas y/o epidemias

6.7. Parámetros recomendados en el monitoreo de la calidad de los recursos hídricos superficiales

En el cuadro 2, se presentan los parámetros mínimos a considerar de acuerdo con la categoría del recurso hídrico asignada por la ANA a los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua, aprobados por el MINAM (D.S. N.° 015-2015-MINAM).

Cuadro 2. Parámetros mínimos recomendados para el monitoreo de la calidad de los recursos hídricos superficiales.

Parámetros	Categoría 1	Categoría 2	Categoría 3	Categoría 4 Ríos, lagunas y lagos	Categoría 4 Ecosistemas marino-costeros
Parámetros de campo	pH, T, Cond, OD	pH, T, OD	pH, T, Cond, OD	pH, T, Cond, OD	pH, T, OD
Parámetros químico-físicos	DBO ₅ , AyG, N-NO ₃ , N-NH ₃ , P, metales (Al, As, B, Ba, Cd, Cr, Cu, Hg, Mn, Ni, Pb, Zn)	DBO ₅ , AyG, SST, N-NO ₃ , P, sulfuros, metales (As, B, Ba, Cd, Cu, Cr ⁶ , Hg, Ni, Pb, Zn)	DBO ₅ , AyG, N-NO ₃ , sulfatos, metales (Al, As, B, Ba, Cd, Cu, Cr, Fe, Hg, Mn, Ni, Pb, Zn)	DBO ₅ , AyG, SST, N _{tot} , N-NO ₃ , N-NH ₃ , P, metales (As, Ba, Cd, Cu, Cr ⁶ , Hg, Ni, Pb, Zn), sulfuros	DBO ₅ , AyG, N-NO ₃ , N-NH ₃ , P, metales (As, Cd, Cu, Cr ⁶ , Hg, Ni, Pb, Zn)
Parámetros microbiológicos	Coliformes termotolerantes, <i>Escherichia coli</i> , Organismo de vida libre	Coliformes termotolerantes,	Coliformes termotolerantes, <i>Escherichia coli</i> , Huevos y larvas de helmintos,	Coliformes termo tolerantes	

Elaboración propia

Lo anterior no exime la posibilidad de adicionar parámetros de evaluación en el monitoreo de la calidad de los recursos hídricos superficiales según el objetivo propuesto, además podrá considerar los siguientes factores:

- Tipología de las fuentes de contaminación: extractivas, productivas, poblacionales, agrícolas, ganaderas
- Materiales y sustancias químicas usadas en las actividades específicas
- Productos de reacción o degradación de las materias primas
- Naturaleza geológica de la cuenca hidrográfica
- Anormalidades biológicas o químicas
- Clasificación de los recursos hídricos



6.8. Preparación de materiales, equipos e indumentaria de protección

Para ejecutar un monitoreo de manera efectiva, se deberán preparar con anticipación los materiales de trabajo, soluciones estándar de pH, conductividad, formatos (fichas de registro de campo y cadenas de custodia) de acuerdo con la necesidad u objetivo del monitoreo. Asimismo, se deberá contar con todos los materiales y equipos de muestreo operativos y debidamente calibrados descritos en el cuadro 2.

Cuadro 3. Materiales y equipos necesarios para el monitoreo de la calidad de los recursos hídricos superficiales.

Medios de transporte	Vehículo para transporte terrestre (camioneta) y acuático (embarcación, zodiac, lancha) ¹
Materiales	Cooler grandes y pequeños, frascos de plásticos y vidrio ² , baldes de plástico transparente de primer uso y limpios (4-20 litros de volumen), guantes descartables ³ , mascarillas ³ , pizetas, refrigerantes
Equipos	GPS, correntómetro, multiparámetro ⁴ , cámara fotográfica, botellas hidrográficas, brazo muestreador
Soluciones y reactivos	Agua destilada, preservantes ² , soluciones estándar (pH, conductividad, etc.)
Formatos	Etiquetas (anexo II), ficha de datos de campo (anexo I), cadena de custodia (anexo III)
Permisos	Recursos hídricos marinos y lacustres: DICAPI Embalses: operador hidráulico Otros permisos en caso se requieran en la zona de intervención
Material cartográfico	Mapa hidrográfico o marino según corresponde
Indumentaria de protección	Zapatos de seguridad, botas de jebe cortas, botas de jebe musleras, vestimenta de seguridad con cinta reflectiva (pantalón, polo o camisa de manga larga, casaca, chaleco), lentes, casco, gorra, ponchos impermeables, arnés, chaleco salvavidas
Otros	Plumones indelebles, lápices, cinta adhesiva, papel secante, libreta de campo, soga, cinta métrica, linterna de mano, pizarra acrílica o tablero

Elaboración propia

Dónde:

- 1: Deben cumplir condiciones de seguridad para el transporte del personal, equipos y materiales establecidos en la ficha de seguridad de la embarcación, este último es obligatorio para el monitoreo de los cuerpos de agua marinos.
- 2: Frascos de primer uso cuyo volumen y características serán determinados por el parámetro a evaluar (anexo VII)
- 3: Los frascos deberán ser únicos por cada punto de monitoreo.
- 4: Se deberá verificar la calibración de los sensores de pH, OD y conductividad dentro de las 24 horas antes del muestreo. El sensor de oxígeno disuelto debe calibrarse entre muestreo y muestreo si existe una diferencia significativa en altitud.

6.9. Seguridad en el trabajo de campo

El amplio rango de condiciones encontradas en los muestreos de cuerpos de agua puede someter al personal de campo a una variedad de riesgos para la seguridad y la salud. Con la finalidad de prevenir daños personales y de los materiales y/o equipos durante el desarrollo del monitoreo, se deberán tomar en cuenta las siguientes consideraciones:

- El personal que desarrolla el trabajo de campo (monitoreo) debe contar con la indumentaria y el equipo de protección personal (EPP) necesario para la ejecución de la actividad.



- La ubicación del punto de monitoreo deberá ser seleccionado de tal modo que esté garantizado el acceso y la toma de muestra de agua en condiciones seguras.
- Evitar el ingreso a ríos caudalosos y/o profundos para la toma de muestras. Se recomienda colectar las muestras con ayuda de un brazo telescópico o con un recipiente sujetado de una soguilla, pero que conserve las medidas de seguridad. La persona que toma la muestra debe ser asegurada con arnés y una soga anclada a una estructura sólida.
- En cuerpos de aguas navegables y marino-costeros, se deben utilizar chalecos salvavidas.
- En caso de presentarse lluvias torrenciales y permanentes, se debe paralizar el monitoreo por la seguridad del personal y la protección de los materiales y/o equipos.
- El personal de campo deberá contar con seguro complementario de trabajo de riesgo (SCTR).
- Se debe contar en todo momento con un botiquín de primeros auxilios, linterna, radio de comunicación, entre otros.

6.10. Reconocimiento del entorno

En el lugar de muestreo se deberá realizar el reconocimiento del entorno e indicar en el ítem Observaciones de la ficha de campo (**anexo I**) las características atípicas tales como coloración anormal del agua, abundancia de algas o vegetación acuática, presencia de residuos, actividades humanas, presencia de animales y otros factores que modifiquen las características naturales del cuerpo de agua.

6.11. Rotulado y etiquetado

Los recipientes se deben rotular con etiquetas autoadhesivas. La etiqueta de cada muestra de agua como mínimo debe contener los siguientes datos (anexo II):

- Nombre del solicitante
- Código del punto de muestreo
- Tipo de cuerpo de agua (agua continental o marina)
- Fecha y hora de muestreo
- Nombre del responsable de la toma de muestra
- Tipo de análisis requerido
- Preservación y tipo de reactivo (si lo requiere)

Se recomienda cubrir la etiqueta con cinta transparente a fin de protegerla de la humedad. El etiquetado deberá ser realizado antes de la toma de muestras.

6.12. Medición de las condiciones hidrográficas en aguas continentales y marino-costeras

6.12.1. Condiciones hidrográficas y dinámicas en aguas continentales

Medición del caudal

Los caudales de los ríos o quebradas pueden ser estimados utilizando un medidor de velocidad (correntómetro) para determinar la velocidad superficial del agua y luego mediante la medición del área transversal del curso de agua.

La dificultad para medir el flujo de agua radica principalmente en la medición del área transversal debido a la poca homogeneidad del cauce, presencia de piedras, profundidad y turbulencia. Sin embargo, es posible hacer una aproximación al caudal real a través de las siguientes recomendaciones:



- Buscar el tramo del cuerpo de agua más cercano al punto de monitoreo que presente un cauce lo más homogéneo posible.
- En la medida de lo posible, retirar los materiales u objetos que obstruyan el paso de agua.
- Realizar las lecturas de velocidad en los márgenes izquierdo, derecho y centro del cuerpo de agua y el largo de la línea transversal. Considerar las lecturas a media altura de cada profundidad.
- Tomar las medidas de las alturas respectivas en cada punto de medición de velocidad.
- Realizar la medición del ancho del cuerpo de agua usando una cinta métrica (wincha).

Para la medición de caudales del agua, existen varios métodos, pero los más utilizados son el método del correntómetro y el método del flotador:

a. Método del correntómetro

Este método estima la velocidad del agua por medio de un instrumento llamado correntómetro que mide la velocidad en un punto dado de la masa de agua.

Existen varios tipos de correntómetros, pero los más empleados son los de hélice que hay de varios tamaños; cuanto más grandes sean los caudales o más altas sean las velocidades, mayor debe ser el tamaño del equipo.

Como el correntómetro mide la velocidad en un punto, para obtener la velocidad media de un curso de agua se debe, en ciertos casos, medir la velocidad en dos, tres o más puntos a diversas profundidades a lo largo de una vertical y a partir de la superficie del agua.

Las profundidades a las que se miden las velocidades con el correntómetro están en función de la altura del tirante de agua (d).

Tirante de agua (d)	Profundidad de lectura del correntómetro
cm	cm
<15	d/2
15<d<45	0,6d
>45	0,2 d y 0,8 d o 0,2 d, 0,6 d y 0,8 d

Fuente: R.J. N° 182-2011-ANA

Conocidas las profundidades se calcula el área de la sección transversal, la cual se utilizará para el cálculo del caudal.

$$Q = V \times A$$

Donde:

V: Velocidad determinada con el correntómetro

A: Área de la sección transversal

b. Método del flotador

El método del flotador se utiliza cuando se carece de equipos de medición para este fin. Los caudales de ríos y quebradas pueden ser estimados generando primero una relación caudal-altura para un punto estable a lo largo del curso del agua mediante un aforador en una serie de condiciones de caudal bajo, medio y alto.

Medición de la velocidad: V

- Seleccionar un tramo homogéneo.
- Se estima una longitud apropiada que representará el espacio recorrido por el flotador que oscile entre 30 a 100 m según el caudal y tamaño del recurso.



- Contar con un flotador visible.
- Se inicia la operación lanzando el flotador al inicio del tramo seleccionado.
- Estimación del tiempo utilizado por el flotador en completar el espacio seleccionado.
- Realizar varias mediciones para descartar los valores errados que permitirá obtener un valor constante.
- Unidad de medida más representativa es m/s.

Medición de la sección transversal: A

- Extender una cuerda entre ambas orillas para medir la longitud.
- Medir las profundidades a lo largo del cauce tomando como referencia la cuerda.
- Estimar el área de la sección transversal.

Medición del caudal: $Q = m^3/s$

El cálculo del caudal se realiza al multiplicar el área de la sección transversal (A) por la velocidad obtenida (V).

$$Q = V \times A$$

c. Método volumétrico

Medición del tiempo: T

- Se requiere un recipiente graduado para coleccionar el agua que permitirá determinar el flujo.
- Un cronómetro.
- Se estima el tiempo que demora el llenado de un determinado volumen de agua.

Medición del volumen: V

- Conocer el volumen del recipiente

Medición del caudal: $Q = m^3/s$

- El caudal resulta de dividir el volumen de agua que se recoge en el recipiente entre el tiempo que transcurre en coleccionar dicho volumen.

$$Q = V/T$$

Donde:

Q: Caudal m^3/s

V: Volumen en m^3

T: Tiempo en segundos



6.12.2. Condiciones hidrográficas y dinámicas en aguas marino-costeras

Las masas de agua del océano son dinámicas, dado que se mueven incesantemente con base en movimientos horizontales denominados corrientes. Algunas corrientes son fenómenos pasajeros y afectan solamente un área pequeña en respuesta a las condiciones locales, con frecuencias estacionales. Otras corrientes son permanentes y afectan grandes áreas del océano a nivel mundial.

El movimiento de las corrientes se define por su dirección y velocidad, en nudos (millas náuticas por hora), millas por día o en cm/s.

El origen de los sistemas de corrientes superficiales se encuentra en el viento y, en menor grado, en la diferencia de densidades, consecuencia del flujo de energía desde los trópicos hacia regiones polares y subpolares.

Para el Perú son relevantes los siguientes sistemas globales de corrientes superficiales marinas:

- Franja ecuatorial, comprendida aproximadamente entre los 10° S y los 20° N de latitud: corriente hacia el Este, muy clara en el Pacífico.
- Latitudes bajas y medias: predominio de las corrientes de sentido ciclónico.

Además de los movimientos horizontales de las masas de agua, o corrientes, los vientos causan movimientos verticales de las aguas superficiales que pueden ser ascendentes (ascensión) también conocidos como de urgencias o descendentes (sumersión) denominados también hundimiento. La ascensión o la sumersión del agua en las costas son frecuentes en las zonas costeras cuando el movimiento del agua inducido por el viento se dirige hacia el mar, fluye agua profunda a la superficie de la costa reemplazando las aguas superficiales que el viento ha empujado hacia el mar. Por otro lado, se producen movimientos de sumersión de las aguas costeras cuando los movimientos del agua inducidos por el viento son direccionados hacia la costa.

El conocimiento de las condiciones hidrográficas y dinámicas de un cuerpo de agua marino-costero facilita la interpretación de datos anómalos de la calidad del agua registrados en las actividades de monitoreo y vigilancia, dado que permite delimitar áreas acuáticas o costeras de potencial origen de la contaminación.

Asimismo, en la evaluación previa del impacto de un vertimiento, las corrientes marinas son un factor determinante de la dilución de aguas residuales tratadas con el agua natural y su conocimiento permite un diseño más eficiente de los dispositivos de descarga que la suposición de corriente nula.

En ese sentido, para determinar las condiciones hidrográficas y dinámicas en aguas marino-costeras se podrá utilizar como referencia información o investigaciones realizadas por instituciones especializadas, como IMARPE, la Marina de Guerra del Perú y/o otras entidades. En caso de no contar con información oceanográfica de la zona a evaluar, se podrán aplicar procedimientos alternativos tales como los métodos euleriano y el lagrangiano descritos a continuación:

a. Método euleriano

Para este método se monitorea el flujo en un punto específico. La ventaja sobresaliente es que se puede instalar un aparato auto registrador por un largo periodo. El método euleriano es utilizado particularmente para determinar la corriente marina que puede aplicarse para el diseño de infraestructura marina como los emisores submarinos, ya que permiten obtener series continuas de datos de corrientes en un punto específico y en periodos de varios días o semanas, con los cuales se podrá estimar el promedio (media armónica) de la velocidad de corriente requerido para el diseño de la infraestructura y la determinación de la dilución inicial brindada por el emisor submarino.

Entre los instrumentos que emplean el método euleriano son los ADCP (Acoustic Doppler Current Profiler), los cuales emiten impulsos acústicos a la columna de agua y registran su eco reflejado por las partículas de agua. El efecto acústico "Doppler" hace posible medir la velocidad de la corriente y su dirección de forma muy exacta y en diferentes profundidades simultáneamente.

b. Método lagrangiano

En el método de Lagrange se emplean flotadores a la deriva que permiten obtener la dirección y velocidad representativas para una franja equivalente (igual) a la longitud recorrida por ellos. La posición de los flotadores es localizada mediante posicionamiento satelital en intervalos de tiempo



lo suficientemente cortos para descubrir su trayectoria y velocidades. Los flotadores son lanzados al mar dentro del área de estudio y recorrerán una trayectoria dirigida por la corriente superficial predominante en el lugar. Los datos obtenidos son transferidos a una hoja de ploteo o un sistema de información geográfica donde se calcula la dirección y la velocidad de los flotadores en forma gráfica.

El método lagrangiano es utilizado particularmente para determinar el movimiento del agua de mar desde un punto específico hasta áreas de interés, como por ejemplo en estudios para la ubicación óptima de un emisor submarino de aguas residuales domésticas, ya que permite conocer las probables trayectorias de las aguas residuales desde el vertimiento hasta zonas sensibles a la contaminación, como áreas de acuicultura o de actividades recreativas, y estimar las probables densidades de coliformes en estas zonas considerando el decaimiento natural de los patógenos en el mar. Otra aplicación es el estudio de la causalidad entre la contaminación del recurso hídrico en una zona específica y una fuente de contaminación, dado que el método permite identificar las trayectorias de contaminantes vertidos al mar. Asimismo, el método podrá aplicarse para determinar el punto óptimo para la toma de muestra en el monitoreo del impacto de un vertimiento de aguas residuales.

Como flotadores se pueden emplear objetos tan sencillos como botellas o cubetas parcialmente llenas de agua, a las cuales se les coloca un GPS o se sigue visualmente determinando su posición geográfica manualmente, con el fin de poder obtener la trayectoria de la corriente en un intervalo de tiempo. Sin embargo, este tipo de objetos es afectado por el viento y el oleaje, lo cual influye en el vector resultante de dirección. Por ello, es recomendable emplear flotadores en forma de cruceta o derivadores pasivos.

- Los paneles de los flotadores en forma de cruceta quedan situados por debajo de la superficie del agua, lo que disminuye el arrastre por viento y aumenta el arrastre debido a las corrientes marinas.
- Los derivadores pasivos se constituyen en un elemento flotante y un elemento sumergido a una determinada profundidad, dentro de esta categoría se ubican el paracaídas o flotador con vela de arrastre. El elemento derivador es sumergido a la profundidad deseada y conectado por medio de un cable a una boya en la superficie. Monitoreando la trayectoria de la boya se obtiene la trayectoria lagrangiana del fluido en la profundidad del elemento derivado.

Actualmente, existen varios modelos de derivadores, algunos manejados de manera comercial, que además de contar con sistema GPS, están integrados con otros sensores tales como CTD (conductividad, temperatura y profundidad) o de salinidad.



6.13. Georreferenciación del punto de monitoreo

Una vez ubicados en el sitio de muestreo, se deberá identificar el punto de monitoreo utilizando la información registrada en la *Ficha de identificación del punto de monitoreo* (véase el anexo IV). Para una identificación inequívoca del punto de monitoreo, deberán confirmarse las coordenadas utilizando un equipo de GPS.

6.14. Medición de los parámetros de campo

Los parámetros para medir en campo son pH, conductividad, temperatura, oxígeno disuelto, entre otros. Para la medición de parámetros en campo se recomienda lo siguiente:

- En el caso de ríos accesibles y de bajo caudal, se recomienda tomar los parámetros de campo directamente en el cuerpo de agua, caso contrario utilizar un balde limpio y transparente.
- Medir los parámetros oxígeno disuelto, pH, conductividad eléctrica y temperatura (como mínimo), la lectura de los valores deberá ser realizada de forma inmediata, luego de tomada la muestra de agua.
- Si se producen variaciones significativas de medidas entre dos muestras, es necesario calibrar el equipo.
- Las mediciones deberán registrarse en la *Ficha de registro de datos de campo* (véase el anexo I).
- Se deberán limpiar los equipos de muestreo inmediatamente después de su uso y, adicionalmente, entre muestreo y muestreo, a fin de evitar posibles contaminaciones y deterioro. Para la limpieza exterior de los equipos de muestreo es recomendable lavarlos con suficiente agua destilada/desionizada, sin causar daños internos que puedan alterar las características de los diferentes componentes. Es importante llevar a campo las herramientas necesarias y apropiadas para efectuar la limpieza de los equipos que lo requieran.

6.15. Procedimiento para la toma de muestras

Antes de iniciar el muestreo, todo el personal que manipula los equipos de toma de muestra, los recipientes y frascos o los reactivos de preservación, deben colocarse guantes descartables, mascarilla y gafas protectoras.

a. Toma de muestras en ríos o quebradas con bajo caudal

Es aplicable para ríos de bajo caudal o de poca profundidad, donde exista fácil acceso de ingreso al río. Se deberá evitar la contaminación de las muestras por disturbar los sedimentos del fondo o de la orilla del cauce.

Procedimiento:

- (a.1). El personal responsable deberá colocarse las botas de jete y los guantes descartables antes del inicio de la toma de muestras de agua.
- (a.2). Ubicarse en un punto medio de la corriente principal, donde la corriente sea homogénea, evitando aguas estancadas y poco profundas.
- (a.3). Medir los parámetros de campo directamente en el río o tomando un volumen adecuado de agua en un balde limpio y evitar hacer remoción del sedimento. Seguir los procedimientos indicados en el ítem 6.14 y registrar las mediciones en la *Ficha de registro de datos de campo* (anexo I).
- (a.4). Coger un recipiente, retirar la tapa y contratapa sin tocar la superficie interna del frasco.
- (a.5). Antes de coleccionar las muestras, los frascos se deben enjuagar como mínimo dos veces, a excepción de los frascos para el análisis de los parámetros orgánicos o microbiológicos.
- (a.6). Coger la botella por debajo del cuello, sumergirla en dirección opuesta al flujo de agua.
- (a.7). Para los parámetros orgánicos (aceites y grasas, hidrocarburos de petróleo, etc.) la toma de muestras se realiza en la superficie del río.
- (a.8). Considerar un espacio de alrededor de 1 % aproximadamente de la capacidad del envase para aquellos parámetros que requieran preservación.
- (a.9). Para muestras microbiológicas dejar un espacio del 10 % del volumen del recipiente para asegurar un adecuado suministro de oxígeno para las bacterias.
- (a.10). Para el parámetro demanda bioquímica de oxígeno (DBO₅), el frasco debe llenarse lentamente en su totalidad para evitar la formación de burbujas.
- (a.11). Evitar coleccionar suciedad, películas de la superficie o sedimentos del fondo.



b. Toma de muestras en ríos o lagos desde la orilla

Este procedimiento se realiza cuando la corriente del río es caudaloso o profundo y en el muestreo de lagos desde la orilla, utilizando un brazo muestreador.

Procedimiento:

- (b.1). El personal responsable deberá colocarse las botas de jebe y los guantes descartables antes del inicio de la toma de muestras de agua.
- (b.2). Ubicarse en un punto donde exista fácil acceso, donde la corriente sea homogénea y poco turbulenta.
- (b.3). Antes del inicio de la toma de muestras enjuagar el balde con agua del punto de muestreo como mínimo dos veces, luego tomar una muestra de agua para medir los parámetros de campo de acuerdo al ítem a.3 y registrar las mediciones en la Ficha de registro de datos de campo (anexo I).
- (b.4). Para la toma de muestras colocar un frasco en el brazo muestreador, asegurarlo y retirar la tapa y contratapa sin tocar la superficie interna del frasco.
- (b.5). Extender el brazo muestreador y sumergir la botella en sentido contrario a la corriente, hasta que esté parcialmente llena y proceder a su enjuague (mínimo dos veces), a excepción de los frascos para el análisis de los parámetros orgánicos o microbiológicos.
- (b.6). Sumergir el recipiente a una profundidad aproximada de 20 a 30 cm desde la superficie en dirección opuesta al flujo del río.
- (b.7). Repetir los procedimientos (a.7) hasta (a.12) del ítem anterior.

c. Toma de muestras en el mar a orillas de playas

Las muestras se tomarán de acuerdo con el siguiente procedimiento:

- (c.1). En playas donde el oleaje es tranquilo, el personal responsable del muestreo provisto previamente de guantes descartables deberá ingresar a la playa a una profundidad aproximada de 1 metro o hasta que el agua bordeé la cintura del muestreador. Si la pendiente del fondo es pronunciada, el muestreador deberá tomar la muestra en la orilla, donde la profundidad del agua se encuentre entre el tobillo y la rodilla.
- (c.2). Se debe evitar tomar muestras en zonas de rompientes de olas.
- (c.3). Tomar un volumen de muestra de agua en un balde para medir los parámetros de campo de acuerdo con el ítem a.3 y registrar las mediciones en la Ficha de registro de datos de campo (anexo I).
- (c.5). Proceder al enjuague de los frascos, retirando la tapa y contratapa sin tocar la superficie interna. Enjuagar el frasco como mínimo dos veces.
- (c.6). Tomar el recipiente por debajo del cuello, sumergirla a una profundidad de 20 a 30 cm bajo el agua orientando la boca del frasco en contracorriente del flujo entrante. Evitar coleccionar suciedad u otras películas de la superficie.
- (c.7). Llenar el recipiente con la metodología descrita en los procedimientos (a.6) hasta (a.12), procurando que contenga un mínimo de arena.

d. Toma de muestras desde puentes

Este procedimiento es aplicable para ríos caudalosos que tienen acceso de puentes, para ellos se debe emplear un balde transparente de 4 a 20 litros, según corresponde, y una cuerda de nylon.

Procedimiento:

- (d.1). Ubicarse en el centro del puente.



- (d.2). Amarrar y asegurar el balde con la cuerda de nylon.
 - (d.3). Bajar el balde y llenarlo, evitando la remoción de sedimentos del fondo del cauce. Al momento de subir el balde, se debe evitar raspar estructuras del puente con la cuerda para no contaminar las muestras.
 - (d.5). Enjuagar el balde y lavar los últimos metros de la cuerda de nylon.
 - (d.6). Tomar un volumen de muestra de agua en un balde para medir los parámetros de campo de acuerdo con el ítem a.3 y registrar las mediciones en la Ficha de registro de datos de campo (anexo I).
 - (d.7). Tomar otra muestra de agua con el balde para el lavado de los frascos dos veces y lavar la cuerda.
 - (d.9). Llenar cada recipiente con la metodología descrita en los procedimientos (a.6) hasta (a.12).
- e. Toma de muestras usando embarcación
- Para el muestreo en cuerpos de agua navegables (ríos, lagos, mar) se debe considerar lo siguiente:
- Procedimiento:
- (e.1). Se debe obtener previamente a la partida un pronóstico del tiempo fiable; si las condiciones son malas, es conveniente posponer la campaña.
 - (e.2). Si la estación ubicada no es muy profunda, anclar el bote (o atarlo a una boya). Si el cuerpo de agua es muy profundo, regular la ubicación con el motor o con los remos de la embarcación. La embarcación deberá orientarse hacia la proa contra la corriente para realizar las mediciones de campo y la toma la muestra.
 - (e.3). Tomar un volumen de muestra de agua en un balde para medir los parámetros de campo de acuerdo con el ítem a.3 y registrar las mediciones en la Ficha de registro de datos de campo (anexo I).
 - (e.4). Colocar la botella en el brazo muestreador, asegurarla y retirar la tapa y contratapa sin tocar la superficie interna.
 - (e.5). Extender el brazo muestreador y enjuagar el recipiente como mínimo dos veces. Para la toma de muestras sumergir el recipiente a una profundidad aproximada de 20 o 30 cm desde la superficie en dirección opuesta al flujo de la corriente.
 - (e.6). Llenar el recipiente con la metodología descrita en los procedimientos (a.7) hasta (a.12).

f. Toma de muestras a diferentes profundidades utilizando la botella hidrográfica

La botella hidrográfica tipo Niskin, Van Dorn o similar es un dispositivo que permite la toma de muestras a cualquier profundidad. Cuenta con válvulas o tapas que se cierran herméticamente a través de un mensajero. Asimismo, proporciona una válvula de drenaje para la obtención de la muestra almacenada.

Procedimiento:

- (f.1). Marcar la cuerda de nylon en cada metro y colocar un lastre por debajo de la botella hidrográfica para permitir el hundimiento de la misma y otro lastre en el extremo opuesto de la cuerda.
- (f.2). Acondicionar la botella hidrográfica abriendo ambos extremos de la botella y asegurarlos para que no se cierren.
- (f.3). Enjuagar como mínimo dos veces la botella con agua del mismo punto.
- (f.4). Bajar la botella a la profundidad requerida de acuerdo con los objetivos del monitoreo. Esperar por lo menos un minuto para su estabilización y enviar el dispositivo mensajero que cerrará de manera instantánea ambos extremos de la botella hidrográfica y proceder a subirla.



(f.5). Cuando la botella llegue a la embarcación vaciar el contenido en un balde limpio y enjuagado y medir los parámetros de campo de acuerdo con el ítem a.3 y registrar las mediciones en la Ficha de registro de datos de campo (anexo I).

(f.7). Repetir los pasos (f.2) al (f.5) para la toma de muestras.

g. Toma de muestras a diferentes profundidades utilizando manguera

Se prepara con tramos de manguera de PVC de jardinería de 1.5 a 3 cm de diámetro y un largo deseado (1-5 m), unidos con válvulas de acoplamiento y llaves o grifos. El largo total de la manguera no debería superar los 15 o 20 m. Es preciso colocar un lastre cerca de la boca inferior del sistema, cuidando que no obstruya la libre circulación de agua por la manguera y asegurarse de que se sumerja en el agua lentamente en posición vertical.

De lo contrario, los tramos de manguera muestreados no coincidirán con la profundidad esperada. El tramo superior de la manguera tendrá un largo igual al intervalo superior de la columna de agua muestreado, más la distancia comprendida entre la superficie del mar, lago y la cubierta del barco. Se hará una marca en la parte de la manguera que debe coincidir con la superficie del agua al descenderla. Cuando se ha dejado bajar verticalmente la manguera hasta llegar a la marca de superficie, se cierra el grifo superior y se sube toda la manguera a bordo.

Procedimiento:

(g.1). El personal responsable deberá colocarse los guantes descartables antes del inicio de la toma de muestras de agua.

(g.2). La manguera se desciende con cuidado con todos los grifos abiertos para permitir el libre flujo de la columna de agua.

(g.3). Cuando la marca del tramo superior de la manguera alcanza la superficie del agua, se cierra el grifo superior, lo cual hará que el agua quede retenida por la fuerza hidrostática ejercida por las paredes de la manguera.

(g.4). Se recupera la manguera con cuidado y una vez en la cubierta de la embarcación:

- Se vacía el contenido de la manguera en un recipiente tras abrir el grifo superior (obtención de una única muestra de la columna de agua)
- O se cierra cada grifo a medida que van llegando a cubierta y se desacoplan los distintos tramos de manguera, los cuales se vaciarán en recipientes separados debidamente marcados. En este caso obtendremos varias muestras integradas correspondientes a distintos intervalos (por ej. a 0-5 m, 5-10 m, 10-15 m) de profundidad de la columna de agua.

(g.5). Los recipientes deben ser lo suficientemente amplios como para permitir la mezcla de la muestra antes de tomar submuestras para distintos fines. Una vez vaciado el contenido (o contenidos) de la manguera (o los tramos de manguera) en los respectivos recipientes, se toma una alícuota en los recipientes o frascos de los parámetros requeridos.

(g.6). Llenar los recipientes con la metodología descrita en los procedimientos (a.8) hasta (a.12).

6.16. Preservación, llenado de la cadena de custodia, almacenamiento, conservación y transporte de las muestras

a. Preservación

Una vez tomada la muestra de agua, se procede inmediatamente a adicionarle el preservante para los parámetros requeridos de acuerdo con lo indicado en el anexo VII (*Conservación y preservación*



de muestra de agua en función del parámetro evaluado). Una vez preservada la muestra homogenizar y cerrar herméticamente el recipiente. Se deberán considerar las medidas de seguridad en la manipulación de reactivos utilizados (por ejemplo, ácidos, álcalis, formaldehído) teniendo en cuenta las normas de seguridad y protección personal para sustancias químicas siguiendo las recomendaciones de los fabricantes estipuladas en las hojas de seguridad (MSDS).

Los reactivos deben manipularse adecuadamente para evitar el contacto con los ojos, labios y la piel (manos), y de esa manera provocar la corrosión. Asimismo, deben tomarse precauciones para evitar la inhalación de gases tóxicos y la ingestión de materiales tóxicos a través de la nariz, la boca y la piel. Por lo cual, es esencial el uso de mascarillas, gafas de seguridad y guantes descartables resistentes a los reactivos; se recomiendan los guantes delgados de nitrilo o vinilo de color verde celeste.

Las tapas de goma o neopreno o tapas de rosca con empaque son adecuados, siempre que los reactivos no reaccionen con estos materiales.

Durante el trabajo de campo, los reactivos se deben almacenar de forma separada de los recipientes para muestras y otros equipos en un *cooler* pequeño, limpio y seguro para impedir la contaminación cruzada.

b. Llenado de la cadena de custodia

Para el llenado de la cadena de custodia, como mínimo se deben considerar los siguientes datos:

- Nombre de la institución que realiza el monitoreo
- Nombre de la persona, correo, número telefónico del responsable de la toma de muestras
- Nombre del proyecto y/o del monitoreo
- Código de la muestra, clasificación del agua (agua de río, laguna, mar, etc.)
- Fecha y hora del muestreo
- Número y tipo de envases por punto de muestreo
- Preservación de la muestra
- Lista de parámetros de los análisis de cada punto de muestreo
- Firma de la persona responsable del monitoreo
- Observaciones en campo, como condiciones climáticas particulares, anomalías organolépticas del agua, actividades o condiciones insólitas en el lugar de monitoreo

Para su ingreso al laboratorio de análisis, las muestras deberán ir acompañadas de la *Cadena de custodia* debidamente llenada (se la debe colocar en un sobre plastificado a fin de evitar que se deteriore) y se remite dentro del *cooler* que contiene las muestras.

c. Almacenamiento, conservación y transporte de las muestras

Los frascos deben almacenarse dentro de cajas térmicas (*coolers*) de forma vertical para que no ocurran derrames ni se expongan a la luz del sol. Los recipientes de vidrio deben ser embalados con la debida precaución para evitar roturas y derrames durante el transporte (por ejemplo con bolsas poliburbujas o similares).

Para su conservación, las muestras recolectadas deberán acondicionarse en cajas térmicas (*coolers*) bajo un adecuado sistema de enfriamiento (5 ± 3 °C), refrigerante (*ice pack*, hielo o similar) o un refrigerador móvil. En el caso de utilizar hielo, colocarlo en bolsas herméticas. Las cajas térmicas (*coolers*) deberán mantenerse a la sombra para permitir una mayor conservación de la temperatura.



Las muestras deben ser transportadas inmediatamente al laboratorio cumpliendo los tiempos de almacenamiento máximo de cada parámetro de acuerdo con el cuadro del anexo VII (*Conservación y preservación de muestra de agua en función del parámetro evaluado*); para el transporte de las muestras se debe sellar la caja térmica (*cooler*) de forma que asegure la integridad de las muestras.

Para el envío y traslado de las muestras al laboratorio existen diversos medios (aéreo, terrestre, fluvial); el personal responsable deberá utilizar el medio de comunicación que pueda garantizar las condiciones de tiempo de almacenamiento máximo de cada parámetro.

6.17. Aseguramiento de la calidad del muestreo

Los controles de calidad del proceso de muestreo son el único medio para identificar errores en el proceso de monitoreo; por lo tanto, deben formar parte de cada monitoreo de la calidad del agua y tener sus criterios de aceptación definidos. La utilización de estos controles debe ser incluida en el plan de monitoreo considerando todos los analitos de interés (elementos, compuestos, iones).

Para realizar el control de calidad aplicado al muestreo, se tienen los siguientes blancos y duplicados de acuerdo con las determinaciones analíticas.

Cuadro 4. Controles de calidad requeridos en el proceso de muestreo

Tipo de control	Contaminación evaluada
Blanco de campo	Contaminación en alguna parte del monitoreo
Blanco de viaje	Contaminación durante el transporte
Blanco de frascos	Contaminación en los frascos
Blanco de equipos	Contaminación cruzada por lavado deficiente de los equipos de recolección
Duplicado de campo	Precisión y repetitividad de los procedimientos de recolección
Matrices adicionadas	Estimación del error total sistemático del procedimiento de muestreo, particularmente debido a la inestabilidad de la muestra

Elaboración propia



Blancos

Son controles para evaluar la presencia de fuentes de contaminación en partes específicas de los procedimientos de colecta. En este tipo de controles se comprueba la contaminación de los frascos, filtros o cualquier otro equipo utilizado en la toma, manipulación o transporte de la muestra.

En el laboratorio se preparan cinco frascos como blancos (A, B, C, D y E) con agua desionizada:

- El frasco A es almacenado en el laboratorio, los otros frascos van a campo.
- El frasco B (blanco de viaje) permanece en la caja de transporte durante todo el monitoreo.
- El frasco C (blanco de campo) se abre en campo y el agua destilada que contiene es manipulada de igual forma que las muestras de agua natural (trasvase al recipiente utilizado para la toma de muestra, trasvase a los frascos utilizados para el transporte de las muestras, filtración de la muestra, adición de los preservantes u otro). Al final los frascos que contienen la alícuota C son cerrados, almacenados en la caja de transporte junto con el frasco B y enviado al laboratorio con las demás muestras recolectadas.
- El frasco D (blanco de frascos) se abre en campo y el agua destilada es envasada en los frascos utilizados para el transporte de las muestras, los cuales son enviados al laboratorio con las demás muestras.

- El frasco E (blanco de equipos) se abre y el agua destilada es utilizada para el enjuague de los equipos utilizados para la toma, manipulación o filtración de las muestras. El enjuague es realizado antes de la toma de muestra en los equipos limpios. El agua de lavado es recolectada almacenada y enviada al laboratorio. Se prepara un blanco para cada equipo utilizado.

6.17.1. Duplicados de campo

Son usados para determinar la precisión o el error aleatorio de los procedimientos de muestreo y análisis a través de la comparación de los resultados de análisis de dos muestras recolectadas de un mismo punto teniendo en cuenta el analito a evaluar, que se lleva al laboratorio como muestra "ciega".

6.17.2. Recomendaciones para el aseguramiento de la calidad del muestreo

Para garantizar el éxito del programa, es necesario que cada componente del esquema del aseguramiento y control de calidad se implemente de manera adecuada, para lo cual el plan de monitoreo debería considerar lo siguiente:

- Asegurarse de que los frascos de muestreos cumplan con los requisitos técnicos mínimos establecidos en el presente protocolo y de acuerdo con la metodología estandarizada de análisis para cada parámetro.
- Aislar, en el mayor grado posible, los recipientes de muestras de las posibles fuentes de contaminación. Mantener los frascos tapados durante todo el monitoreo.
- Evitar la perturbación del sitio de muestreo, por ejemplo por revolver sedimentos.
- Enjuagar cuidadosamente los frascos y recipientes de muestreo.
- Limpiar y secar las cuerdas y brazos telescópicos utilizados para la toma de muestra, entre un punto de monitoreo y otro.
- Evitar introducir en la muestra de agua los dedos, manos o guantes. Asimismo, no tocar los frascos o recipientes en el interior.
- Girar el bote en contra de la corriente y esperar algunos minutos antes de la toma de muestra para que los gases de escape se disipen.
- Examinar si cada muestra colectada contiene partículas grandes como hojas, detritus o algas. Si estos son observados, la muestra debe ser descartada y tomada nuevamente.
- Contar con todos los registros de campo para el monitoreo (cadena de custodia, ficha de datos de campo, etc.), debidamente llenadas con letra clara y legible.
- Mantener los registros de control de los equipos actualizados para asegurar su mantenimiento y calibración.
- Los procedimientos de control de calidad deben proveer un medio para detectar errores de muestreo y posteriormente desestimar datos no válidos o erróneos. Las muestras deberán estar adecuadamente controladas e idóneas para el fin previsto, incluyendo el control de las fuentes de error como: contaminación de muestras, volumen insuficiente, pérdida de analito, inestabilidad de la muestra, mala preservación, recipientes inadecuados, exceso del tiempo máximo, perecibilidad.



6.18. Actividades postmuestreo

Es el paso final de la actividad de monitoreo, que incluye los análisis en el laboratorio, el procesamiento y la revisión de datos para evitar errores en los análisis en la etapa de elaboración de los reportes o informes del trabajo de monitoreo.

Se recomienda que el laboratorio esté acreditado por el Instituto Nacional de Calidad (INACAL) mediante la Norma Técnica Peruana: "Requisitos generales para la competencia de laboratorios de ensayo y calibración" NTP ISO/IEC 17025:2006 o la versión más actualizada en el momento de la solicitud y cuente con la acreditación de los ensayos para la medición de los parámetros ambientales de interés.

Realizar un informe técnico basado en la interpretación de los resultados de los datos de los parámetros de campo y resultados de los análisis de las muestras de agua reportados por el laboratorio.



NEXO N° 02 panel fotográfico de la investigación

ACTIVIDADES	UBICACIÓN Y MUESTREO IN SITU		
LOCALIDAD	MARABAMABA	DISTRITO	PILCO MARCA
ROVINCIA	HUANUCO	REGION	HUANUCO
FECHAS	08 Y 22 DE OCT, 05 Y 19 DE NOV.		

Fotografía N° 01 Localización de áreas de cultivo



Fotografía N° 02 Cultivo de maíz fertilizado con urea



Fotografía N° 03 Indumentaria de campo



Fotografía N° 04 Reconocimiento de áreas de cultivo



Fotografía N°05 Reconocimiento de canal de riego para punto de muestreo en blanco



Fotografía N° O6 Enjuague de vaso al inicio de toma de muestra en blanco



Fotografía N° 07 Introducción de lámina colorimétrica a la muestra blanca



Fotografía N° 08 Espera de reacción de lamina colorimétrica



Fotografía N° 09 Lectura de resultados de muestra en blanco



Fotografía N° 10 Registro de resultados



Fotografía N° 11 Identificación de riego por gravedad



Fotografía N° 12 Toma de muestra de excedente de riego



Fotografía N° 13 Esperamos la sedimentación de solidos suspendidos por 5 min.



Fotografía N° 14 Introducción de la tira reactiva a la muestra de agua excedente de riego por 1 seg.



Fotografía N° 15 Esperamos la reacción de la tira por 1 min.



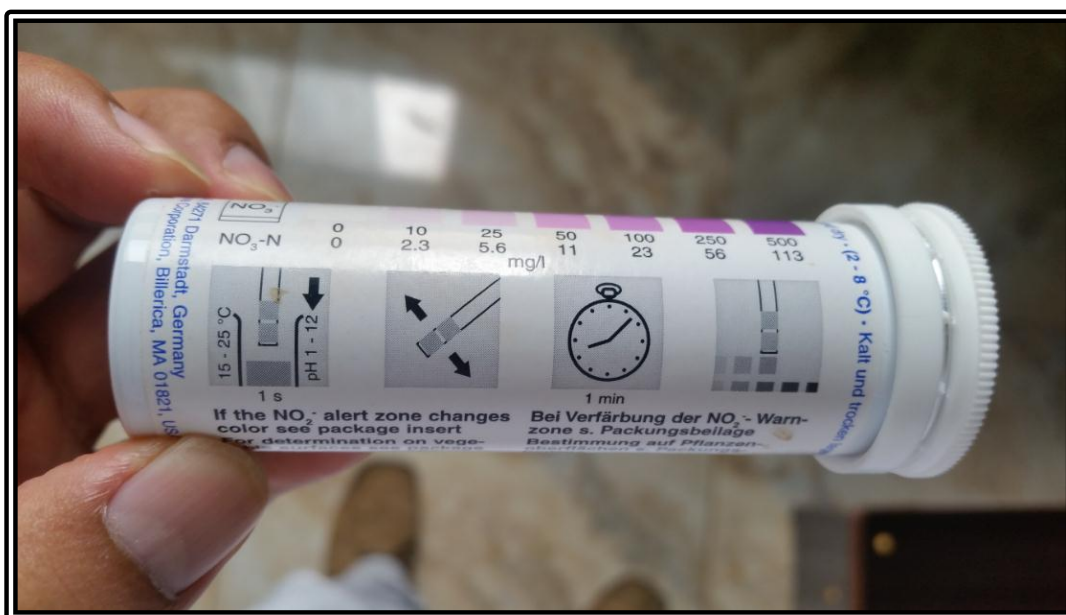
Fotografía N° 16 Lectura de resultados en tira reactiva



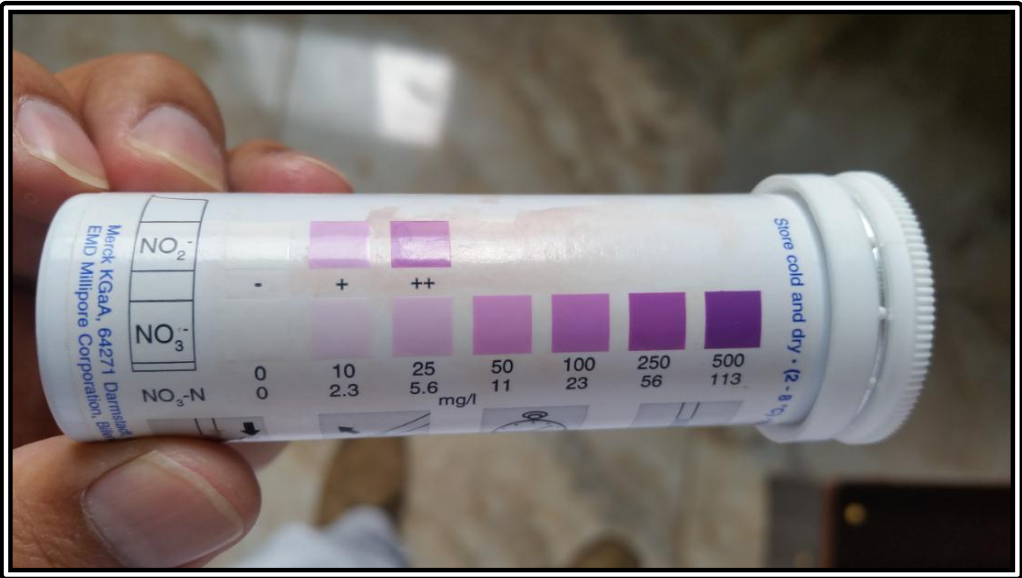
Fotografia Nº 17 Registro de datos



Fotografia Nº 18 Indicaciones del producto test.



Fotografía N° 19 Valores de lectura del test



ANEXO N° 03 Ubicación de puntos de muestreo In situ

LOCALIDAD	DISTRITO	PROVINCIA	DEPARTAMENTO
MARABAMBA	PILCO MARCA	HUANUCO	HUANUCO
DENOMINACION DE PUNTO DE MUESTREO	X1		
NORTE UTM (WGS-84)	ESTE UTM (WGS-84)	ZONA UTM	ALTITUD
8899954	361943	18 Sur	2025 msnm
MUESTRA BLANCA			
NORTE	ESTE	ZONA UTM	ALTITUD
8899962	361897	18 Sur	2043
METODO DE MEDICION	NAVEGADOR MOVIL DE SISTEMA DE POSICIONAMIENTO GLOBAL, GPS		
DATOS DEL INSTRUMENTO	GPS GARMIN, MODELO MAP 62		

DENOMINACION DE PUNTO DE MUESTREO	X2		
NORTE UTM (WGS-84)	ESTE UTM (WGS-84)	ZONA UTM	ALTITUD
8900299	361759	18 Sur	2027 msnm
MUESTRA BLANCA			
NORTE	ESTE	ZONA UTM	ALTITUD
8900261	361743	18 Sur	2029 msnm
METODO DE MEDICION	NAVEGADOR MOVIL DE SISTEMA DE POSICIONAMIENTO GLOBAL, GPS		
DATOS DEL INSTRUMENTO	GPS GARMIN, MODELO MAP 62		

DENOMINACION DE PUNTO DE MUESTREO	X3		
NORTE UTM (WGS-84)	ESTE UTM (WGS-84)	ZONA UTM	ALTITUD
8900107	360973	18 Sur	2082 msnm
MUESTRA BLANCA			
NORTE	ESTE	ZONA UTM	ALTITUD
8899985	360763	18 Sur	2105 msnm
METODO DE MEDICION	NAVEGADOR MOVIL DE SISTEMA DE POSICIONAMIENTO GLOBAL, GPS		
DATOS DEL INSTRUMENTO	GPS GARMIN, MODELO MAP 62		

ANEXO N° 04 Registro de datos de campo

REGISTRO DE DATOS DE CAMPO

LOCALIDAD	Marabamba		
DENOMINACION DE PUNTO DE MUESTREO	X1		
FECHA	HORA	TEMPERATURA	LEC. DE RESULTADO
08/10/2016	6:13 am	17.1 °C	25 mg/L
22/10/2016	6:07 am	16.8 °C	25 mg/L
05/11/2016	5:56 am	17.0 °C	25 mg/L
19/11/2016	6:06 am	17.0 °C	10 mg/L
MUESTRA LIMPIA O BLANCO			
08/10/2016	6:01 am	17.0 °C	0 mg/L
22/10/2016	5:50 am	16.8 °C	0 mg/L
05/11/2016	5:45 am	17.0 °C	0 mg/L
19/11/2016	5:50 am	17.0 °C	0 mg/L

LOCALIDAD	Marabamba		
DENOMINACION DE PUNTO DE MUESTREO	X2		
FECHA	HORA	TEMPERATURA	LEC. DE RESULTADO
08/10/2016	6:21 am	17.0 °C	10 mg/L
22/10/2016	6:15 am	17.0 °C	25 mg/L
05/11/2016	6:11 am	17.0 °C	25 mg/L
19/11/2016	6:16 am	16.9 °C	10 mg/L
MUESTRA LIMPIA O BLANCO			
08/10/2016	6:29 am	17.0 °C	0 mg/L
22/10/2016	6:23 am	16.9 °C	0 mg/L
05/11/2016	6:23 am	17.0 °C	0 mg/L
19/11/2016	6:29 am	16.9 °C	0 mg/L

LOCALIDAD	Marabamba		
DENOMINACION DE PUNTO DE MUESTREO	X3		
FECHA	HORA	TEMPERATURA	LEC. DE RESULTADO
08/10/2016	6:52am	16.9 °C	10 mg/L
22/10/2016	6:30am	17.0 °C	25 mg/L
05/11/2016	6:45am	16.9 °C	25 mg/L
19/11/2016	6:53am	17.1 °C	10 mg/L
MUESTRA LIMPIA O BLANCO			
08/10/2016	6:40am	16.8 °C	0 mg/L
22/10/2016	6:37am	17.0 °C	0 mg/L
05/11/2016	6:34am	16.8 °C	0 mg/L
19/11/2016	6:40am	17.0 °C	0 mg/L