

# ASES ON-CHAIN PROTOCOL

## METODOLOGÍA DE MEDICIÓN DE AHORROS DE AGUA

### Estrategia: Uso eficiente de agua en la agricultura

#### IV. Metodologías V2.0



Agosto 2024

[www.nat5.bio](http://www.nat5.bio)

*La presente metodología ha sido elaborada por PLATAFORMA NUUP y ha sido aprobada y adaptada para su uso en el aOCP, asegurando su aplicación conforme a los estándares y requisitos específicos del aOCP.*



## TABLA DE CONTENIDO

I.	Descripción general .....	5
II.	Elegibilidad del proyecto .....	6
II.1.	Límites espaciales .....	6
II.2.	Límites temporales .....	6
III.	Retroactividad .....	6
IV.	Principios.....	7
IV.1.	Adicionalidad.....	7
IV.2.	Permanencia.....	7
IV.3.	No reversibilidad .....	8
IV.4.	Transparencia .....	8
IV.4.	Respeto a las salvaguardas ecosistémicas y sociales .....	9
V.	Recolección de datos .....	9
V.1.	Recolección de información para Línea Base .....	9
V.2.	Recolección de información durante el Proyecto .....	9
VI.	Establecimiento de Línea Base.....	10
VI.1.	Encuesta de Línea Base .....	10
VI.2.	Mediciones en campo .....	11
VI.3.	Datos iniciales de precipitación efectiva.....	11
VI.4.	Volumen inicial de agua aplicado .....	12
VII.	Volúmenes de agua durante intervención.....	13
VII.1.	Prácticas de riego con mejoras .....	13
VII.2.	Datos finales de precipitación efectiva .....	14
VII.3.	Volumen de agua aplicado durante el proyecto .....	14
VII.4.	Supuestos e incertidumbre.....	15
VIII.	Determinación de ahorros de agua .....	15
VIII.1.	Obtención de Línea Base Equivalente .....	15
VIII.2.	Comparativa de volúmenes aplicados .....	16
IX.	Determinación de beneficios asociados.....	17

IX.1. Consumo de energía eléctrica .....	17
IX.2. Reducción de emisiones de CO2e .....	18
X. Monitoreo .....	18
X.1. Supuestos e incertidumbre.....	19
XI. Anexo A. Taxonomía de las intervenciones.....	21
XII. Anexo B. Protocolo de recopilación de datos.....	25
XII.1. Línea base.....	28
XII.2. Bitácora de riego .....	28
XII.3. Bitácora de CFE .....	29
XII.4. Recibo CFE .....	30
XII.5. Bitácora de telemetría .....	30
XIII. Versión .....	30

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Porcentaje de créditos destinado al buffer pool .....	8
Tabla 2. Parámetros de la metodología .....	10
Tabla 3. Parámetros considerados en el monitoreo.....	19

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Variables que definen el perfil de las parcelas.....	5
Figura 2. Categorías del Nat5 scoring .....	7
Figura 3. Recorrido del agua a parcela y mediciones.....	9

## I. DESCRIPCIÓN GENERAL

El propósito de este documento es presentar la metodología de medición de ahorros de agua que Nuup emplea para evaluar el impacto de sus intervenciones dentro de la estrategia de uso eficiente de agua en la agricultura. A partir de este protocolo, aliados y organizaciones externas pueden verificar el proceso de evaluación para determinar los ahorros de agua logrados por los proyectos implementados.

La metodología está fundamentada en el documento desarrollado por el World Resources Institute (WRI) llamado “Volumetric water benefit accounting (VWBA)”, específicamente en los métodos de extracción y consumo de la categoría “Water supply reliability”.

Esta metodología se desarrolló bajo un esquema de intervención enfocado a mejorar la eficiencia de los riegos, en el cual se provee asesoría técnica cercana y personalizada a productores. Este esquema permite tener un entendimiento profundo de las condiciones iniciales (ej. características particulares de los terrenos, infraestructura de riego, necesidades de los cultivos y del productor) para proponer alternativas de mejora en las que se disminuya el consumo de agua, al mismo tiempo que dar seguimiento a la implementación y realizar mediciones en campo.

Los productores que participaron en la etapa de desarrollo tenían como fuente de abastecimiento principal agua de pozo profundo y realizaban riegos por gravedad en cultivos de cereales y granos con prácticas agrícolas convencionales, sin embargo, es posible utilizar la metodología en otros perfiles de parcela. La figura 1 presenta las diferentes variables que se consideran para establecer los perfiles de las parcelas a intervenir.

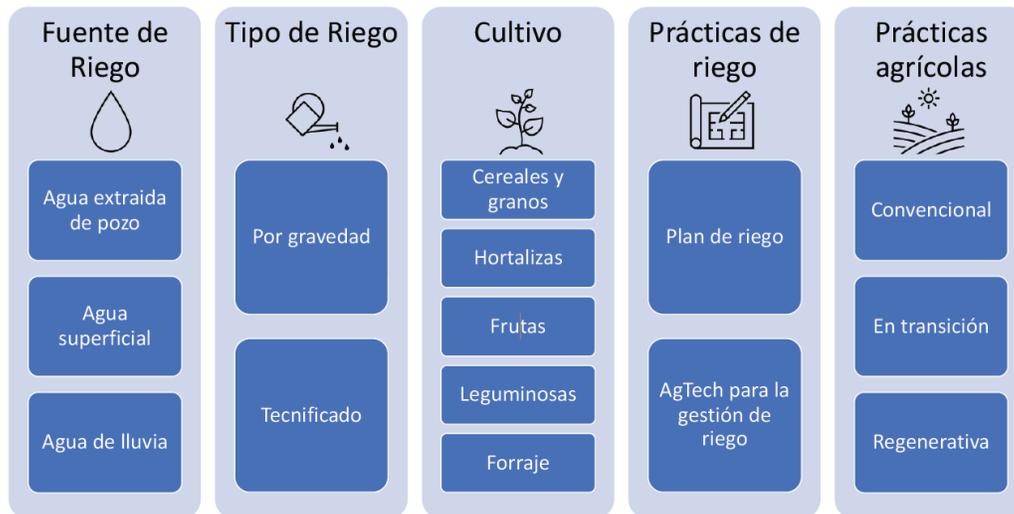


FIGURA 1. VARIABLES QUE DEFINEN EL PERFIL DE LAS PARCELAS

El objetivo de las intervenciones es reducir y eficientizar el uso de agua en agricultura a nivel de parcela. Las intervenciones se pueden desarrollar en tres áreas (véase el Anexo A): cambios en la infraestructura, en las prácticas de riego o en las prácticas agrícolas. Estas son complementarias por

lo que una intervención puede cubrir una o varias de estas áreas dependiendo de los objetivos del proyecto.

Para evaluar el impacto de los proyectos, el indicador principal a considerar es el ahorro de agua (AA), medido en metros cúbicos ( $m^3$ ). Los indicadores secundarios son: volumen de riego inicial (VRi), volumen de riego inicial equivalente (VRie), volumen de precipitación inicial efectiva (VPi), volumen de riego durante el proyecto (VRp), volumen de precipitación efectiva final durante el proyecto (VPP), eficiencia de conducción ( $E_c$ ).

## II. ELEGIBILIDAD DEL PROYECTO

El proyecto se puede desarrollar con productores independientes o grupos de productores siempre y cuando el proyecto incida en los patrones de extracción del agua. Por ello, una de las condicionantes principales es que los ahorros logrados se reflejen en los patrones de extracción a nivel de fuente de abastecimiento (pozo, río, canal, etc.), es decir, que el agua que se ahorre con las mejoras en las prácticas de riego no se destine a otras actividades. Para prevenir que las medidas de riego más eficientes resulten en un mayor uso consuntivo neto, se firman convenios con los productores participantes en donde se establece que la superficie de riego no puede ser extendida, ya que ocasionaría un efecto no deseado en términos de consumo de agua.

### II.1. LÍMITES ESPACIALES

El área en la que se desarrolla el proyecto está determinada por la superficie de los ranchos y parcelas donde se implementan las mejoras y se logra ahorrar agua. Las parcelas pueden ser propiedad de las personas productoras, o ser trabajadas bajo un contrato de arrendamiento. Para delimitar el proyecto, las parcelas son georreferenciadas para definir la zona hidrológica en la que se generan los ahorros.

### II.2. LÍMITES TEMPORALES

Se considera la fecha de inicio del proyecto como aquella en la que las intervenciones se comienzan a implementar, el cual es considerado como año cero. La información recolectada para línea base considera las prácticas de riego en años anteriores a este.

Los ahorros de agua pueden ser reportados al final de la temporada de cultivo, que por lo regular es después de 6 meses, o al final del primer año de implementación.

## III. RETROACTIVIDAD

El Ases On-Chain Protocol reconoce los esfuerzos realizados para la conservación del agua en los 5 años previos al registro del proyecto. Para acceder a dicho reconocimiento los desarrolladores de proyecto deberán demostrar con acciones concretas, datos e información real y verificable que han contribuido de manera significativa a la conservación del agua.

Esta oportunidad de reconocimiento retroactivo no solo gratifica a los desarrolladores por su compromiso continuo con la conservación del agua, sino que también los incentiva a seguir trabajando para proteger el vital líquido en el futuro.

## IV. PRINCIPIOS

El Mercado de la Naturaleza está en auge como una herramienta para financiar la conservación de los ecosistemas y promover el desarrollo sostenible. En este contexto, el aOCP se posiciona como un instrumento en la certificación de proyectos de conservación, asegurando que estos cumplan con los más altos estándares de calidad y rigor científico.

Para obtener la certificación del aOCP, los proyectos de conservación del agua deberán cumplir con cinco principios básicos que son fundamentales para garantizar la efectividad y la sostenibilidad de las acciones de conservación.

### IV.1. ADICIONALIDAD

Los proyectos que buscan la certificación del aOCP, deberán demostrar que los beneficios de ahorro de agua que generan no habrían ocurrido de manera natural o como resultado de leyes o regulaciones existentes. La adicionalidad asegura que los proyectos realmente contribuyen a la reducción de la extracción de agua de pozo.

Por lo que los desarrolladores de los proyectos deberán someterse a la evaluación de adicionalidad: financiera, ecológica y reglamentaria que estipula el aOCP durante la etapa de selección.

### IV.2. PERMANENCIA

Los beneficios de conservación del agua generados por los proyectos deberán ser duraderos en el tiempo. Esto implica que los proyectos deberán contar con el acuerdo por el uso de la tierra, así como de estrategias de monitoreo y seguimiento a largo plazo para asegurar que las prácticas de ahorro de agua se mantengan efectivas, además de mecanismos para garantizar la sostenibilidad financiera del proyecto.

Por su parte, el aOCP respalda la permanencia y continuidad de los beneficios de cada proyecto mediante un *buffer pool*, el cual hace referencia al porcentaje de créditos que durante cada emisión serán destinados a una reserva (Tabla 2), los cuales podrán ser utilizados en caso de cualquier eventualidad no deseada. El porcentaje destinado al buffer pool será definido en cada proyecto en función de su clasificación en el Nat5 Scoring (Figura 2) como lo establece el documento *Procedimientos de los proyectos V2.3* del aOCP.

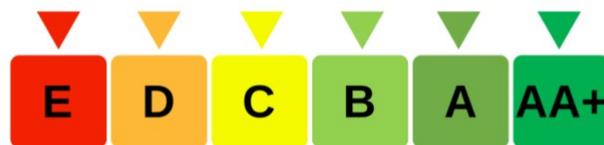


FIGURA 2. CATEGORÍAS DEL NAT5 SCORING

TABLA 1. PORCENTAJE DE CRÉDITOS DESTINADO AL BUFFER POOL

Clasificación del proyecto en el Nat5 Scoring	Porcentaje de créditos destinados al buffer pool
AA+	20%
A	25%
B	30%
C	35%
D	40%
E	50%

### IV.3. NO REVERSIBILIDAD

Los beneficios de conservación del agua generados por los proyectos deben ser irreversibles, dado que el agua ahorrada no se puede perder. Esto implica que los proyectos deben diseñarse cuidadosamente para asegurar la continuidad de las prácticas que facilitan este ahorro y minimizar los riesgos que podrían comprometer la efectividad a largo plazo de las estrategias implementadas.

### IV.4. TRANSPARENCIA

La transparencia se erige como un elemento fundamental para el éxito de cualquier proyecto. Su implementación genera una serie de beneficios que impactan positivamente en diversos aspectos:

- **Fortalecimiento de la credibilidad y la rendición de cuentas:** La transparencia promueve la confianza entre las partes interesadas, ya que permite un acceso abierto a la información sobre el proyecto, sus objetivos, avances, retos y resultados. Esto genera un entorno de rendición de cuentas, donde el proyecto se responsabiliza por sus acciones y decisiones;
- **Optimización de la recaudación de fondos:** Al ser un proyecto transparente, aumenta la confianza y credibilidad de los compradores, quienes se sienten más seguros al destinar sus recursos a una iniciativa que gestiona sus fondos de manera responsable y ética;
- **Fomento del aprendizaje y la mejora continua:** La transparencia facilita el intercambio de conocimientos y experiencias entre las partes involucradas en el proyecto. Esto permite un proceso de aprendizaje continuo, donde se identifican oportunidades de mejora y se implementan estrategias más efectivas para la conservación de la biodiversidad;
- **Estimulación de la participación pública:** La transparencia promueve la participación activa de la comunidad en el proyecto. Al tener acceso a la información, las personas se sienten más involucradas y motivadas a contribuir al éxito de la iniciativa.

#### IV.4. RESPETO A LAS SALVAGUARDAS ECOSISTÉMICAS Y SOCIALES

Los proyectos deben respetar los derechos, el bienestar y los usos y costumbres de las comunidades locales y pueblos indígenas que dependen de los ecosistemas conservados, al tiempo de contribuir a mejorar su resiliencia y adaptación a los impactos del cambio climático. Evitando cualquier impacto negativo sobre los bienes y servicios ecosistémicos, y dando cumplimiento a las salvaguardas establecidas en el documento estándar del aOCP.

### V. RECOLECCIÓN DE DATOS

La información necesaria para calcular los ahorros de agua se recolecta a través de entrevistas, mediciones en campo y registros de las actividades durante la implementación del proyecto. La metodología del WRI para calcular la reducción en la extracción de agua propone comparar la cantidad de agua utilizada antes de que las mejoras agrícolas sean implementadas (situación inicial) y durante el proyecto (situación con proyecto), por ello la recolección de la información se divide en estas dos etapas. Los parámetros base para la aplicación de la metodología y los factores que se tendrán en cuenta al utilizarla se describen en la Tabla 2.

#### V.1. RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN PARA LÍNEA BASE

Para determinar el volumen de riego aplicado antes de la intervención es necesario conocer la duración de los riegos y la velocidad de extracción. Estos datos se obtienen de las encuestas realizadas por los asesores técnicos a las personas productoras y la información es complementada con mediciones en campo y pruebas de riego en las que se conoce a detalle las prácticas.

#### V.2. RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN DURANTE EL PROYECTO

Durante el proyecto se recaba información de diferentes fuentes para triangular y robustecer los resultados. Por un lado, los asesores técnicos dan seguimiento a las prácticas de riego y junto con los productores llevan bitácoras en donde se recaba información sobre fechas y duración de los riegos. Por otro lado, los técnicos llevan bitácoras para medir el consumo de energía eléctrica y calcular de manera indirecta la extracción de agua. Por último, se llevan registros de caudalímetros si la fuente de abastecimiento tiene uno.

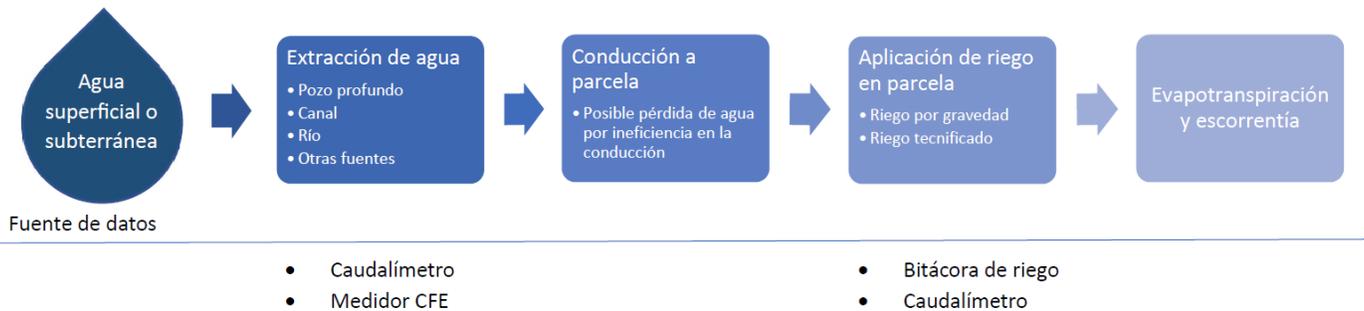


FIGURA 3. RECORRIDO DEL AGUA A PARCELA Y MEDICIONES

TABLA 2. PARÁMETROS DE LA METODOLOGÍA

Parámetro	Índice	Descripción
Agua	Duración de riego (horas)	Tiempo que se mantiene abierto el caudal en cada riego.
	Número de riegos (#)	Número de riegos de soporte desde la nacencia hasta que el cultivo alcanza el punto de maduración y no requiere de más riegos
	Velocidad de extracción (L/s)	Gasto o caudal de salida del agua en el sistema de riego.
Electricidad	Consumo de energía promedio horario (kWh)	Electricidad utilizada para bombeo de agua en la temporada de riego.
	Factor de emisiones	El factor de emisiones es un coeficiente que indica la cantidad de gases de efecto invernadero emitidos por cada unidad de energía consumida, permitiendo calcular las emisiones de CO <sub>2</sub> e asociadas con el uso de energía.

## VI. ESTABLECIMIENTO DE LÍNEA BASE

El primer paso para determinar los ahorros de agua es el establecimiento de la Línea Base, la cual se obtiene de tres fuentes: el levantamiento de la encuesta de Línea Base realizada a productores y/o regadores, las mediciones en campo y el histórico de datos de precipitación.

### VI.1. ENCUESTA DE LÍNEA BASE

A partir de la encuesta de Línea Base se determinan las condiciones iniciales de la intervención, desagregando la información entre riegos de nacencia y de auxilio. Las prácticas de riego dependen principalmente del tipo de cultivo y la infraestructura con la que cuenta el productor (distribución de las parcelas, equipo de bombeo, tuberías, etc.).

Los datos que se obtienen de la encuesta para determinar las condiciones iniciales de riego son:

- Identificación de parcela: nombre y número
- Superficie de cada parcela (ha)
- Tipo de cultivo establecido
- Número de riegos por ciclo agrícola
- Tiempo de riego por parcela
- Gasto de extracción del aprovechamiento hidroagrícola (pozo, canal, río, represa, etc.)
- Sistema de riego

## VI.2. MEDICIONES EN CAMPO

Los técnicos asesores en riego corroboran la información de las encuestas con mediciones en campo, esto incluye realizar pruebas de riego, aforos en el punto de extracción y a nivel de parcela para obtener el gasto de aplicación, extracción y la eficiencia de conducción.

Para calcular la eficiencia de conducción se utiliza la siguiente ecuación:

$$\% Ec = [Q_{parcela}/Q_{aprov}] * 100$$

Donde:

Ec = Eficiencia de conducción

Q = Gasto o Caudal (l/s)

Ejemplo Productor A. Condiciones iniciales de riego

Parcela	Superficie (ha)	Ciclo	Cultivo	Número de riegos de auxilio	Horas en riego nacencia	Horas en riego auxilio	Gasto de extracción (l/s)	Gasto de aplicación (l/s)
1	12.03	O-I	Trigo	4	305.8	254.83	38	38
1	12.03	P-V	Sorgo	2	214.47	176.94	42	42

Eficiencia de conducción 100%

## VI.3. DATOS INICIALES DE PRECIPITACIÓN EFECTIVA

La precipitación efectiva de Línea Base se determina con los datos históricos de la estación meteorológica más cercana a la parcela. La información histórica se obtiene de la red de estaciones climáticas de “Fundación Guanajuato Produce”, tomando en cuenta el promedio de los últimos 5 años del ciclo productivo correspondiente para obtener el histórico por temporada. Es decir, se obtiene el promedio histórico de las lluvias que ocurrieron en la temporada de riegos para el cultivo.

La fórmula utilizada para determinar la precipitación efectiva es el método del Servicio de Conservación de Suelos del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos:

$$Pe = \frac{P}{125} (125 - 0.2P) \quad \text{para precipitaciones menores a 250 (mm) ..... (1.1)}$$

$$Pe = 125 + 0.1P \quad \text{para precipitaciones mayores o iguales a 250 (mm) ..... (1.2)}$$

El tiempo que se considera para contabilizar la precipitación es el periodo de riegos, es decir, desde la nacencia hasta que el cultivo alcanza el punto de maduración y no requiere de más riegos.

Ejemplo Productor A. Datos iniciales de precipitación efectiva

Parcela	Superficie (ha)	Ciclo	Cultivo	Fecha de siembra	Fecha de primer riego	Fecha de cierre de riegos	Precipitación efectiva acumulada (mm)
1	12.03	O-I	Trigo	10/12/22	12/12/22	26/03/23	8.48
1	12.03	P-V	Sorgo	05/05/23	05/05/23	10/08/23	280.99

#### VI.4. VOLUMEN INICIAL DE AGUA APLICADO

Con la información de riegos se realiza el cálculo para obtener el volumen de agua aplicado y para complementar el análisis del uso de agua se calcula el volumen de agua recibido con la precipitación efectiva.

Ejemplo Productor A. Volumen inicial de agua aplicado

Parcela	Superficie (ha)	Ciclo	Cultivo	Volumen riego (m <sup>3</sup> )	Volumen precipitación efectiva (m <sup>3</sup> )
1	12.03	O-I	Trigo	181,276	1,020
1	12.03	P-V	Sorgo	85,935	33,803

Para calcular el volumen de riego inicial se utiliza la siguiente ecuación:

$$VRi = Q \times 3.6 \times (TRn + TRaux(No. riegos))$$

Donde:

VRi = Volumen de riego inicial (m<sup>3</sup>)

Q = Gasto o Caudal (l/s)

TRn = Tiempo de riego de nacencia (h)

TRaux = Tiempo de riego de auxilio (h)

No. riegos = Número de riegos de auxilio

Para calcular el volumen de precipitación inicial y final se utiliza la ecuación:

$$VP = A \times PE \times 10$$

Donde:

VP = Volumen de precipitación efectiva (m3)

A = Superficie de parcela (ha)

PE = Precipitación efectiva acumulada (mm)

## VII. VOLÚMENES DE AGUA DURANTE INTERVENCIÓN

Al conocer las condiciones iniciales de las parcelas y las prácticas de riego, los técnicos asesores pueden hacer las evaluaciones de riego y dar recomendaciones para mejorar las eficiencias de riego, disminuyendo el volumen de agua aplicado a los cultivos.

Para determinar el volumen de agua aplicado con la implementación de estas mejoras, se monitorea el tiempo de los riegos, el gasto y las precipitaciones durante el ciclo. La información de tiempos y gasto se obtiene de las bitácoras de riego, que lleva el técnico junto con el productor, y los datos de precipitaciones se obtienen de pluviómetros instalados por localidad o de la red de estaciones de “Fundación Guanajuato Produce”, en caso de no contar con pluviómetros en la zona.

### VII.1. PRÁCTICAS DE RIEGO CON MEJORAS

La bitácora de riego, que el técnico lleva junto con el productor, indica el tiempo de los riegos y el gasto aplicado. Con esta información y el dato de eficiencia de conducción se determina el gasto de extracción.

Ejemplo Productor A. Condiciones de riego finales

Parcela	Superficie (ha)	Ciclo	Cultivo	Número de riegos de auxilio	Horas en riego nacencia	Horas en riego auxilio	Gasto de extracción (l/s)	Gasto de aplicación (l/s)
1	12.03	O-I	Trigo	3	203.5	182.83	37.75	37.75
1	12.03	P-V	Sorgo	2	235	122	31.5	31.5

Eficiencia de conducción 100%

## VII.2. DATOS FINALES DE PRECIPITACIÓN EFECTIVA

La precipitación efectiva se calcula con el método del Servicio de Conservación de Suelos del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (ecuación 1.1 y 1.2) a partir de la información de los pluviómetros o de la red de estaciones.

Ejemplo Productor A. Datos finales de precipitación efectiva

Parcela	Superficie (ha)	Ciclo	Cultivo	Fecha de siembra	Fecha de primer riego	Fecha de cierre de riegos	Precipitación efectiva acumulada (mm)
1	12.03	O-I	Trigo	10/12/22	12/12/22	26/03/23	6.57
1	12.03	P-V	Sorgo	05/05/23	05/05/23	10/08/23	150.11

## VII.3. VOLUMEN DE AGUA APLICADO DURANTE EL PROYECTO

Con la información de riegos y precipitación se realiza el cálculo de volumen de agua aplicado al cultivo. Esta información se corrobora con las lecturas de los medidores de flujo (en caso de ser funcionales) y/o el estimado calculado a partir de los datos de los medidores de consumo de energía eléctrica e información previamente obtenida del medidor de flujo ultrasónico portátil.

Ejemplo Productor A. Volumen de agua aplicado durante el proyecto

Parcela	Superficie (ha)	Ciclo	Cultivo	Volumen riego (m3)	Volumen precipitación efectiva (m3)	Volumen total aplicado (m3)
1	12.03	O-I	Trigo	102,195	790	102,986
1	12.03	P-V	Sorgo	54,319	18,058	72,377

Para calcular el volumen de riego se utiliza la siguiente ecuación:

$$VRp = (Qi * 3.6 * TRi)$$

Donde:

VRp = Volumen de riego durante el proyecto (m3)

Q = Gasto o Caudal (l/s) TR = Tiempo de riego (h)

n = Número de riegos

Para estimar el volumen de agua extraída a partir de las lecturas del medidor de consumo energético se utiliza la siguiente ecuación:

$$VR = \frac{Qp(3.6)}{Dp} (L2 - L1)$$

Donde:

VR = Volumen de riego (m3)

Qp = Gasto promedio (l/s)

Dp = Demanda promedio de energía (kWh)

L1 = Consumo de energía acumulado inicial (kWh)

L2 = Consumo de energía acumulado final (kWh)

#### VII.4. SUPUESTOS E INCERTIDUMBRE

Las mediciones realizadas por el equipo técnico son sujetas al error humano y a la correcta calibración de los equipos utilizados para la medición.

Para reducir este error, se consultan y comparan distintas fuentes de información. Las fuentes consultadas son 3: a) caudalímetros análogos, b) bitácoras de riego y c) bitácoras de consumo de energía eléctrica. En casos específicos, también se incorpora un caudalímetro digital que permite el monitoreo remoto del consumo del pozo.

### VIII. DETERMINACIÓN DE AHORROS DE AGUA

Para conocer cuáles fueron los ahorros de agua, se obtiene la Línea Base equivalente para comparar los volúmenes de aplicación bajo parámetros similares, minimizando la influencia de factores externos a la intervención en el resultado final. Después de ello se compara el volumen de aplicación final e inicial para determinar cuánta agua se ahorró en cada ciclo productivo.

#### VIII.1. OBTENCIÓN DE LÍNEA BASE EQUIVALENTE

Se ajusta la Línea Base considerando el número de riegos aplicado durante la intervención para determinar el volumen de aplicación equivalente. Esto con el propósito de minimizar el efecto que las condiciones climáticas (lluvia, evapotranspiración, temperatura) y otras variables puedan tener sobre la frecuencia de los riegos. Las recomendaciones dadas a los productores proponen modificaciones en el tiempo de los riegos y en las dimensiones de los frentes de riego. El número de riegos de auxilio no es un parámetro que se proponga reducir, por lo que su disminución se atribuye a factores ajenos a las recomendaciones como son variaciones en las condiciones climáticas, la fecha de siembra, la variedad del cultivo, el nivel de estrés hídrico y esquemas de los turnos de riego en el caso de aprovechamientos hidroagrícolas compartidos.

Ejemplo Productor A. Datos de Línea Base equivalente

Parcela	Superficie (ha)	Ciclo	Cultivo	Número de riegos de auxilio	Horas en riego nacencia	Horas en riego auxilio	Gasto de extracción (l/s)	Gasto de aplicación (l/s)
1	12.03	O-I	Trigo	3	305.8	254.83	38	38
1	12.03	P-V	Sorgo	2	214.47	176.94	42	42

Para calcular el volumen de riego inicial equivalente se utiliza la siguiente ecuación:

$$VRie = Q(3.6) (TRn + TRaux (No. riegos))$$

Donde:

VRie = Volumen de riego inicial equivalente (m3)

Q = Gasto o Caudal (l/s)

TRn = Tiempo de riego de nacencia (h)

TRaux = Tiempo de riego de auxilio (h)

No. Riegos = Número de riegos de auxilio durante intervención

Ejemplo Productor A. Volumen aplicado en Línea Base equivalente

Parcela	Superficie (ha)	Ciclo	Cultivo	Volumen riego (m3)	Volumen precipitación efectiva (m3)
1	12.03	O-I	Trigo	146,416	1,020
1	12.03	P-V	Sorgo	85,935	33,803

## VIII.2. COMPARATIVA DE VOLÚMENES APLICADOS

Por último, se compara el volumen de agua aplicado en la Línea Base equivalente contra el del proyecto para conocer los ahorros de agua derivados de la intervención.

Ejemplo Productor A. Comparativa volumen de agua aplicada

Parcela	Superficie (ha)	Ciclo	Cultivo	Ahorros de agua por riego (m <sup>3</sup> )	Diferencia precipitación efectiva (m <sup>3</sup> )
1	12.03	O-I	Trigo	44,220	230
1	12.03	P-V	Sorgo	31,616	15,745

Para estimar los ahorros de agua se utiliza la siguiente ecuación:

$$AA = (VR_p - VR_{ie})$$

Donde:

AA = Ahorro de agua (m<sup>3</sup>)

VR<sub>p</sub> = Volumen de riego durante el proyecto (m<sup>3</sup>)

VR<sub>ie</sub> = Volumen de riego inicial equivalente (m<sup>3</sup>)

## IX. DETERMINACIÓN DE BENEFICIOS ASOCIADOS

Derivado de las acciones del proyecto se generan beneficios adicionales a los ahorros de agua, entre ellos la reducción del consumo y costo de la energía eléctrica y de las emisiones de gases de efecto invernadero. Al reducir la extracción de agua se disminuye la energía eléctrica necesaria para bombear agua de la fuente de abastecimiento a las parcelas de riego y, por lo tanto, se reducen las emisiones de carbono equivalentes (CO<sub>2</sub>e) ligadas al consumo de energía.

### IX.1. CONSUMO DE ENERGÍA ELÉCTRICA

El cálculo de consumo de energía eléctrica se realiza a partir de las horas de riego y el consumo horario promedio (kWh) de los equipos de bombeo.

Para estimar el ahorro en el consumo de energía eléctrica se utiliza la siguiente ecuación:

$$AEE = (hr_p - hr_i) \cdot CE$$

Donde:

AEE = Ahorro de energía eléctrica (kWh)

hrp = Horas de riego durante el proyecto (h)

hri = Horas de riego iniciales (h)

CE = Consumo de energía eléctrica (kW)

## IX.2. REDUCCIÓN DE EMISIONES DE CO2E

La estimación de emisiones de CO2 equivalente se obtiene a partir del cálculo de energía eléctrica y el factor de emisiones del Sistema Eléctrico Nacional. Dado que la información es reportada para años vencidos, se toma el factor de emisiones del año anterior para hacer los cálculos.

Para calcular la disminución de las emisiones de CO2e se toma la siguiente ecuación:

$$RCO_{2e} = \frac{AEE \cdot fe}{1000}$$

Donde:

RCO<sub>2e</sub> = Reducción de emisiones de CO<sub>2e</sub> (tCO<sub>2e</sub>)

AEE = Ahorro de energía eléctrica (kWh)

fe= factor de emisiones (tCO<sub>2e</sub> / MWh)

## X. MONITOREO

El monitoreo de los ahorros de agua de cada proyecto se realizará al final de cada temporada Primavera-Verano y Otoño-Invierno. Después de cada monitoreo se determinará el número de créditos que se emitirán por los beneficios generados considerando los resultados de la línea de base como parámetro de referencia, la cual deberá mostrar una disminución en el consumo de agua y electricidad a lo largo del proyecto.

Por lo tanto, los monitoreos deberán evaluar cada parámetro analizado en la línea base para determinar si el proyecto está dando los resultados esperados.

TABLA 3. PARÁMETROS CONSIDERADOS EN EL MONITOREO

Parámetro: Volumen de agua ahorrado aplicado en la superficie total (m <sup>3</sup> )	
Descripción	Volumen total de agua para riego ahorrada en toda el área del Proyecto durante la temporada evaluada.
Ecuación	$AA = (VRp - VRie)$ <p>Donde:</p> <p>AA = Ahorro de agua (m<sup>3</sup>)</p> <p>VRp = Volumen de riego durante el proyecto (m<sup>3</sup>)</p> <p>VRie = Volumen de riego inicial equivalente (m<sup>3</sup>)</p>
Fuente de información	Información levantada durante el monitoreo y la línea base
Parámetro: Huella de carbono por la energía consumida (tCO <sub>2e</sub> )	
Descripción	Emisiones de gases de efecto invernadero derivadas del consumo de energía para bombeo de agua de pozo reducidas respecto a la línea base.
Ecuación	$RCO_{2e} = \frac{AEE \cdot fe}{1000}$ <p>Donde:</p> <p>RCO<sub>2e</sub> = Reducción de emisiones de CO<sub>2e</sub> (tCO<sub>2e</sub>)</p> <p>AEE = Ahorro de energía eléctrica (kWh)</p> <p>fe= factor de emisiones (tCO<sub>2e</sub> / MWh)</p>
Fuente de información	Información sobre el consumo recabada de las facturas del servicio de electricidad. Factor de emisiones del Sistema Eléctrico Nacional. Dado que la información es reportada para años vencidos, se toma el factor de emisiones del año anterior para hacer los cálculos.

### X.1. SUPUESTOS E INCERTIDUMBRE

Generalmente, los productores con quienes se trabaja no llevan un registro documentado de sus aplicaciones de riego, por lo que la información recabada a través de las encuestas es estimada de manera empírica, teniendo un margen de error del 15% - 25%. Para poder contar con información confiable, el equipo técnico de Nuup realiza mediciones en campo como aforos en extracción de pozo y en aplicación en parcela, georreferenciación, levantamiento topográfico y análisis de textura de suelo. Esto permite comparar y corroborar la información manifestada por el productor.

Con base en los datos de la encuesta y las mediciones en campo, el técnico aprueba la información más precisa respecto a la extracción de pozo y consumo de agua en parcela, obteniendo la línea base final.

## XI. ANEXO A. TAXONOMÍA DE LAS INTERVENCIONES

Sector	Clave	Actividades elegibles	Especificaciones	Casos aplicables
Cambios en la infraestructura	CAI-1	Nivelación de erras con láser		El cultivo establecido es de ciclo anual (no perenne); El espesor de capa arable es mayor a 25 cm y; La pendiente topográfica es menor a 1%.
	CAI-2	Cambio de material de conducción		Uso actual de riego por gravedad (acequias o compuertas)
	CAI-3	Tecnificación del riego (aspersión)	Goteo Aspersión Roller Otro	Uso actual de riego por gravedad (acequias o compuertas)

	CAI-4	Incorporación de material adecuado para las condiciones del predio		Riegos tecnificados en donde la infraestructura existente es inadecuada
Sector	Clave	Actividades elegibles	Especificaciones	Casos aplicables
Cambios en las prácticas de riego	CAR-1	Ajuste de los intervalos de riego	Duración Frecuencia	Riego por gravedad (acequias o compuertas) - Aplicación excesiva de la lámina de riego
	CAR-2	Diseño adecuado de los tendidos de riego	Largo y ancho Número de surcos	Riego por gravedad: Parcelas con largos y anchos de tendido inadecuados para el tipo de suelo
	CAR-3	Monitoreo y ajuste del sistema de riego (intervalos y disposición de aspersores)		Riego tecnificado (aspersión)

	CAR-4	Revisión de las presiones manejadas para hacer un uso óptimo del sistema		Riego por goteo donde se hace un uso inadecuado de la infraestructura existente
	CAR-5	Uso de caudalímetro digital		El agricultor está dispuesto a dar seguimiento remoto de su pozo; El agricultor está dispuesto a invertir en el dispositivo
	CAR-6	AgTech para gestión de riego	Sensores, info. Satelital, estaciones climáticas, etc.	El agricultor está dispuesto a invertir en el servicio; El agricultor está dispuesto a seguir las recomendaciones otorgadas
Sector	Clave	Actividades elegibles	Especificaciones	Casos aplicables
Cambios en las prácticas agrícolas	CAA-1	Convencional	Asistencia técnica en manejo de plagas y enfermedades, fertilización, etc. Reconversión con cultivos de alto valor	El suelo trabajado está muy erosionado por las prácticas agrícolas actuales; El agricultor está dispuesto a seguir las recomendaciones del equipo técnico

	CAA-2	Regenerativa	<p>Diseño hidrológico (keyline)</p> <p>Intercropping</p> <p>Agricultura de conservación (cero labranza, coberturas orgánicas del suelo y diversificación de especies)</p> <p>Agroforestal</p>	<p>El agricultor muestra interés y disposición para implementar nuevas prácticas y trabajar de la mano con el equipo técnico</p>
--	-------	--------------	---	--

## XII. ANEXO B. PROTOCOLO DE RECOPIACIÓN DE DATOS

Cada proyecto del uso eficiente de agua en la agricultura emplea los mismos métodos para la obtención de los datos. A continuación, se encuentra un desglose de las herramientas utilizadas para el levantamiento y almacenamiento de los datos que permiten el cálculo del impacto de las intervenciones de Nuup.

Archivo de registro	Herramientas de medición	Frecuencia de llenado	Datos registrados	Datos calculados con los datos registrados
1. Línea base	Encuesta con el productor Medidor ultrasónico de flujo Google Earth	Inicio de cada ciclo del cultivo (trimestral, semestral, anual, etc.)	Nombre del predio Número de parcelas Superficie por parcela Cultivos establecidos Tipo de riego Cortes por ciclo Rendimiento por corte Intervalo de riego Ciclo del cultivo Medidas de tendidos Número de tendidos Gasto aplicado en parcela Tiempo de riego por tendido	Número total de tendidos Tiempo de riego en parcela Lámina de riego aplicada Eficiencia de aplicación Índice de consumo del agua Volumen aplicado por hectárea Energía eléctrica consumida por hectárea Costo de energía consumida
2. Bitácora de riego	Calendario Reloj	En cada riego	Fecha de inicio del riego Fecha de fin del riego Gasto en la parcela	Horas de riego Volumen aplicado por hectárea Lámina de riego aplicada

	Medidor ultrasónico de flujo		Rendimiento por hectárea Precio por tonelada	Índice de consumo del agua Costo de la energía consumida
3.Bitácora de CFE	Calendario Reloj Medidor de CFE Caudalímetro análogo (pozo)	Mensual	Tipo de bomba Potencia de bomba Capacidad de transformador Tarifa eléctrica Consumo horario promedio Cuota energética Multiplicador Fecha de registro Hora de registro	Energía consumida durante el periodo de riego Volumen de agua extraído por la bomba
			kWh consumidos en la noche kWh consumidos en el día Demanda máxima Consumo de energía acumulado Consumo de energía reactiva acumulado Gasto actual en pozo Volumen acumulado del caudalímetro	

4.Recibo CFE	No aplica	Bimestral	Demanda energética Energía consumida Costo de la energía consumida	Energía consumida durante el periodo de riego Volumen de agua extraído por la bomba
5.Bitácora de telemetría	Caudalímetro análogo (pozo) Caudalímetro digital Medidor de CFE	Bisemanal	Gasto instantáneo promedio semanal Volumen acumulado	Volumen acumulado por herramienta de medición Diferencia con caudalímetro análogo

## XII.1. LÍNEA BASE

Este archivo se llena con los datos reportados por el productor. Para levantar la información, el técnico de campo se traslada a la parcela y, en conversación con el productor, averigua el histórico de cómo el productor ha manejado su predio y los cultivos establecidos. La información levantada se complementa con algunas mediciones y registros realizados por el técnico en la parcela.

Datos proporcionados por el productor	Datos obtenidos por el técnico
Nombre del predio	Superficie por parcela
Número de parcelas	Medidas de tendidos
Cultivos establecidos	Número de tendidos
Tipo de riego	Gasto aplicado en parcela
Cortes por ciclo	
Rendimiento por corte	
Intervalo de riego	
Ciclo del cultivo	
Tiempo de riego por tendido	

## XII.2. BITÁCORA DE RIEGO

Al inicio de nuestra colaboración con el productor, se le pide llevar un registro de los riegos aplicados a cada parcela. Este archivo se llena con la información reportada por el productor o por su regador. El resto de los datos es proporcionado por el técnico. En el caso del rendimiento por hectárea y el precio obtenido por tonelada, son llenados al final del ciclo, respaldadas por las recibas del productor.

Datos proporcionados por el productor	Datos obtenidos por el técnico
Fecha de inicio del riego	Superficie de la parcela Gasto en parcela
Fecha de fin del riego	
Rendimiento por hectárea	
Precio por tonelada	

### XII.3. BITÁCORA DE CFE

Por normativa mexicana, cada pozo agrícola tiene un medidor de energía asociado a su bomba hidráulica, el cual no debe ser compartido con ningún otro dispositivo. Gracias a ello, se puede calcular el volumen de agua extraído por la bomba a partir del consumo energético acumulado reportado por el medidor de energía.

Datos proporcionados por el productor	Datos obtenidos por el personal técnico
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tarifa eléctrica</li> <li>• Consumo horario promedio</li> <li>• Cuota energética</li> <li>• Multiplicador</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tipo de bomba</li> <li>• Potencia de bomba</li> <li>• Capacidad de transformador</li> <li>• Fecha de registro Hora de registro</li> <li>• kWh consumidos en la noche kWh consumidos en el día</li> <li>• Demanda máxima</li> <li>• Consumo de energía acumulado</li> <li>• Consumo de energía reactiva acumulado</li> <li>• Gasto actual en pozo</li> <li>• Volumen acumulado del caudalímetro</li> </ul>

#### **XII.4. RECIBO CFE**

Se le pide al productor compartir con el equipo técnico su recibo de la compañía de energía eléctrica (C.F.E. en el caso de México). Dicho recibo permite corroborar las mediciones levantadas a par r del medidor de energía.

#### **XII.5. BITÁCORA DE TELEMETRÍA**

Este formato sirve para almacenar los consumos reportados por el caudalímetro digital asociado al pozo. Asimismo, reúne la información más relevante del resto de las bitácoras y permite comparar los consumos de agua calculados por cada herramienta.

### **XIII. VERSIÓN**

<b>Historial del documento</b>		
<b>Versión</b>	<b>Fecha</b>	<b>Comentarios</b>
V1.0	14/08/2024	Primera versión proporcionada por PLATAFORMA NUUP y adaptada para uso en el aOCP.