



Organización de las Naciones Unidas  
para la Alimentación y la Agricultura



**BANCO MUNDIAL**  
BIRF • AIF | GRUPO BANCO MUNDIAL



## **Convenio UTF – PROSAP**

*Proyecto de Desarrollo Institucional para la Inversión*

# **ANEXO I: AREAS EXISTENTES DE RIEGO**

**Diciembre 2015**

## CONTENIDO

I.	OBJETIVOS Y ENFOQUE CONCEPTUAL DEL ESTUDIO .....	3
II.	SITUACIÓN ACTUAL DEL RIEGO EN ARGENTINA.....	4
III.	SITUACIÓN ACTUAL DEL RIEGO EN ARGENTINA.....	5
IV.	MARCO METODOLÓGICO Y OPERACIONAL DEL ESTUDIO .....	6
V.	RELEVAMIENTO DE LA INFORMACIÓN.....	6
VI.	CAMBIO CLIMÁTICO .....	9
VII.	ANÁLISIS DE INVERSIONES NECESARIAS .....	11
VIII.	COSTOS DE INVERSIÓN.....	11
A.	INVERSIONES EN CAPTACIÓN, TRANSPORTE Y DISTRIBUCIÓN FUERA DE PARCELA .....	12
IX.	NIVEL PARCELAR.....	16
B.	TIPOLOGÍAS DE MEJORAS: .....	17
C.	TOTALES INVERSIONES ACUMULADAS FUERA DE FINCA E INTRAFINCA.....	21
D.	BENEFICIOS ASOCIADOS A LAS INVERSIONES .....	21
1.	<i>Ahorros totales</i> .....	23
2.	<i>Evaluación económica</i> .....	24
X.	METODOLOGÍA.....	25
A.	DETERMINACIÓN DEL VALOR BRUTO DE PRODUCCIÓN (VBP) E INVERSIÓN MÁXIMA POR SISTEMA. ....	25
B.	DETERMINACIÓN DE VAN Y TIR DE COSTOS Y BENEFICIOS DE INVERSIÓN. ....	26

## **I. OBJETIVOS Y ENFOQUE CONCEPTUAL DEL ESTUDIO**

1. El objetivo principal del estudio es la identificación del potencial de la provincia para la ampliación del área irrigada existente y a su vez la posibilidad de desarrollar nuevas áreas de riego.

2. Los productos obtenidos en las distintas fases del estudio, colaborarán con el objeto de elaborar un análisis del alcance de las diferentes posibilidades y acciones factibles, proponiendo al mismo tiempo, estrategias de acciones e inversiones vinculadas al desarrollo del riego a nivel provincial.

3. Para evaluar la viabilidad de potenciales iniciativas de inversión en riego, es necesario caracterizarlas y evaluarlas, desde distintas dimensiones de análisis, tales como:

- Hidrológica (disponibilidad hidrológica, análisis de oferta/demanda hídrica de los sistemas, etc.);
- Agronómica (usos y tipos de suelo, rendimientos, etc.);
- Productiva (modelos productivos y productividades actuales y potenciales, precios y mercados, etc.);
- Económica (costos, rentabilidad económica y financiera, etc.);
- Ambiental (calidad de suelos, impactos esperados, etc.);
- Social (evolución socioeconómica, situación de tenencia de tierras, análisis de las organizaciones de usuarios, caracterización de posibles beneficiarios, etc.);
- Institucional y Legal (evaluación de aspectos críticos en cada provincia, para la gestión del agua de riego, como son los normativos, la institucionalidad pública, los distintos agentes privados, el acceso al crédito, la participación organizada de los usuarios, la titulación de tierras, etc.).

4. En el presente estudio, se propone una metodología de evaluación multicriterio considerando las diversas dimensiones mencionadas, analizando diferentes escenarios productivos y teniendo en cuenta los efectos estimados del Cambio Climático.

Figura N° 1: Análisis Multicriterio



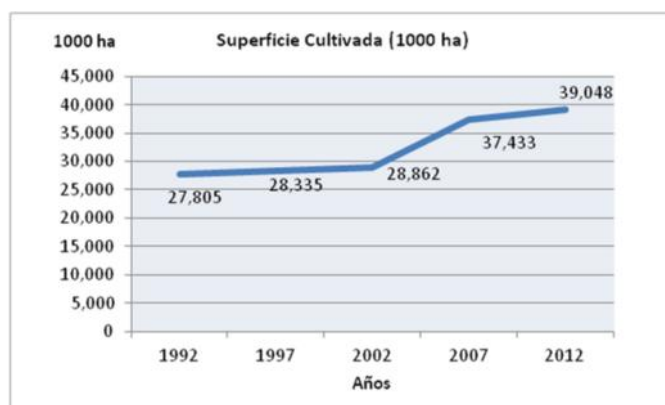
Fuente: Elaboración propia

5. A partir de los resultados e iniciativas identificadas, se analizarán y propondrán mecanismos para su implementación, desde el punto de vista de las inversiones en infraestructura, fortalecimiento de organizaciones, acciones institucionales y legales, mecanismos y estrategias de financiamiento y participación pública-privada, etc.

## II. SITUACIÓN ACTUAL DEL RIEGO EN ARGENTINA

5. En Argentina, es importante destacar que su superficie total cultivada presenta en los últimos veinte años (1992-2012) un crecimiento sostenido (de 27,80 millones de hectáreas en 1992 a 39,04 millones de ha en 2012), con un impulso particular desde 2002 al 2007, como puede observarse en la siguiente Figura.

Figura N° 2: Evolución de la superficie cultivada en Argentina (1.000 ha)



Fuente: Aquastat FAO

### III. SITUACIÓN ACTUAL DEL RIEGO EN ARGENTINA

6. En Argentina la superficie productiva bajo riego (2,1 millones de ha) representa un 5% de la superficie cultivada (39 millones de ha). Esta relación entre superficie irrigada y superficie cultivada, es inferior a la que se presenta como media en el mundo (19%).

Cuadro N° 1: Características Comparativas del riego en la Región.

	Argentina	América	Mundo
Superficie Cultivada (millones Has)	39	175,8	1.545
% sobre total de superficie	13,9%	8,6%	10,8%
Población (millones)	41	581,4	7.046
Población Rural	7%	21%	47%
Superficie regada (millones has)	2.1	18	287
% sobre total cultivada	5%	10%	19%

Fuentes: Aquastat, estudio UTF/017/FAO y Banco Mundial

7. Las referencias anteriores conforman un indicador palpable del potencial que se presentan para el incremento del riego, considerando la posibilidad de un escenario futuro de incremento de la demanda de alimentos, en un ámbito donde el cambio climático y sus impactos en los recursos hídricos, configuran el contexto favorable para analizar posibles inversiones hacia el sector en la Argentina, reduciendo la presión sobre la expansión de la frontera agrícola en ciertas zonas marginales.

#### IV. MARCO METODOLÓGICO Y OPERACIONAL DEL ESTUDIO

8. De acuerdo con diversos estudios y estimaciones previas, existe en Argentina un importante potencial para la expansión del riego en las siguientes áreas<sup>1</sup>:

- **Ampliación en áreas de riego existentes**, por medio de la mejora de eficiencia y del uso del recurso hídrico en áreas de riego integral;
- **Introducción de riego suplementario**, en áreas actualmente cultivadas sin riego y/o en áreas nuevas, ya sea con el objeto de posibilitar un incremento en la productividad o una posible diversificación de cultivos;
- **Incorporación de nuevas áreas**, que no se encuentran en producción en la actualidad, y en las cuales es viable su puesta en producción en base a la disponibilidad de recursos hídricos y de adecuadas condiciones agroecológicas.

9. En las secciones siguientes se resumen los principales aspectos y resultados obtenidos correspondientes a la posible ampliación de **riego en áreas existentes en la provincia de Jujuy**.

#### V. RELEVAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

10. Los análisis para evaluar la posible ampliación de áreas existentes han sido realizados por consultores FAO en colaboración con el PROSAP. En primer lugar se realizó un relevamiento en cada región que abarcó los siguientes ítems:

- a. **Caracterización General Sistemas Actuales:** características generales de los sistemas de riego.
- b. **Análisis Institucional y Organizacional:** existencia de organizaciones de usuarios y de organismos encargados de la administración del recurso hídrico, entre los aspectos más importantes.
- c. **Caracterización Productiva:** se estableció para cada sistema la cantidad de hectáreas cultivadas, los tipos de cultivos involucrados y otra información necesaria para obtener el valor bruto y neto de producción de cada uno de los sistemas y por cultivo. Esta información implicó determinar para cada cultivo las hectáreas cultivadas, los rendimientos, los costos de producción y el precio al productor de los mismos.
- d. **Caracterización Hídrica:** se relevaron los volúmenes anuales disponibles en cada sistema y los ríos o fuentes del recurso.

---

<sup>1</sup> Ver Bibliografía al final del presente trabajo.

e. **Infraestructura Existente:** se realizó un relevamiento general de la infraestructura hídrica existente, desde la captación hasta la distribución de los mismos, en los sistemas en que esta información estaba disponible.

11. La información relevada (cultivos de cada sistema, hectáreas cultivadas bajo riego, rendimientos de los mismos, precios pagados al productor), siguió un proceso de validación por parte de distintos actores, llevando adelante una tarea inclusiva e interdisciplinaria, enriquecida con las iniciativas de numerosos profesionales del sector hídrico, en cada uno de los territorios estudiados.

12. Además, dicha base de datos fue mejorada tras un proceso de localización a través de imágenes satelitales (Google Earth) de todos los sistemas de riego relevados, con el objeto de volcar la información a formato GIS con toda la información relevada y calculada.

13. El resultado del relevamiento concluye que en la actualidad, la superficie en producción bajo riego alcanza un total de 123.607 ha<sup>2</sup>. El 95% de ésta superficie se riega a partir de fuentes superficiales y el resto con agua subterránea, siendo el número total de regantes alrededor de 2.977 (sin contabilizar los regantes de Quebrada y Puna).

14. En el cuadro y figura siguientes se observan la distribución de superficie irrigada por regiones y por fuente hídrica.

Cuadro Nº 2: Superficies Cultivadas bajo riego

Región	Has Cultivadas	Ha Reg Subterránea	Ha Reg Superficial
Valles Templados	31.505	370	31.135
Yungas	90.216	6.200	84.016
Quebrada	1.607	100	1.507
Puna	278	4	274
<b>Total</b>	<b>123.607</b>	<b>6.674</b>	<b>116.933</b>

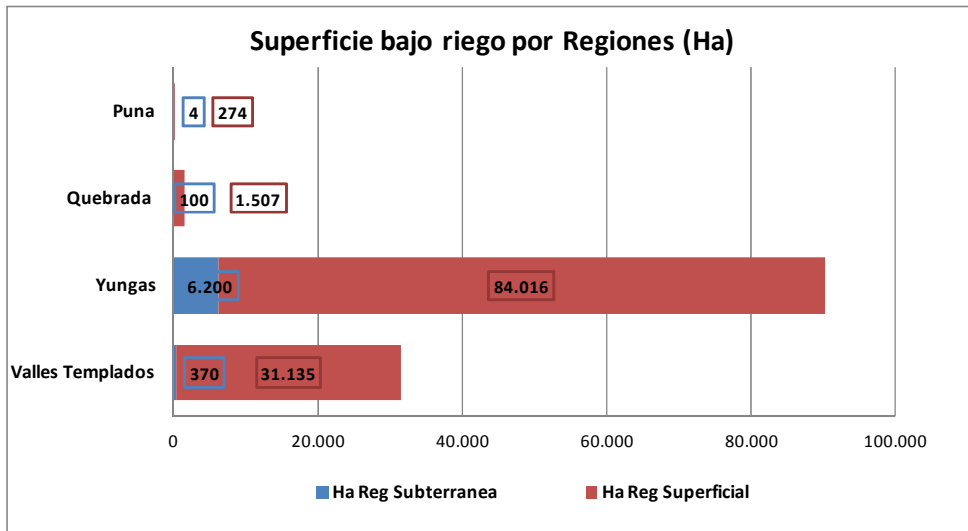
Fuente: Elaboración propia

15. La distribución de superficie irrigada por región se observa en la figura siguiente.

---

<sup>2</sup>El relevamiento se terminó en agosto de 2015.

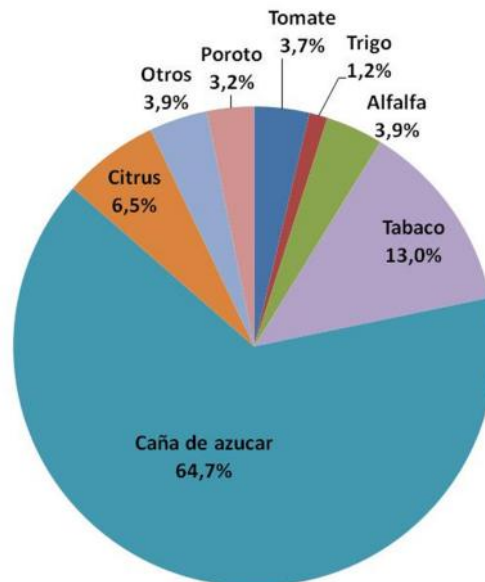
Figura N° 3: Superficies bajo riego por región.



Fuente: Elaboración propia

16. Para cada región se realizó un relevamiento detallado de los modelos productivos existentes, determinándose en cada caso la célula de cultivo correspondiente. A nivel provincial se observa que los cultivos con mayor participación es la caña de azúcar con un 65%, seguido del tabaco con un 13% (ver Anexo).

Figura N° 4: Distribución de cultivos por provincia.



Fuente: Elaboración propia

17. Considerando las células de cultivo de cada sistema, sus rendimientos y los precios y costos al productor, se obtuvo como resultado un valor bruto de producción de \$ 523 millones de pesos.



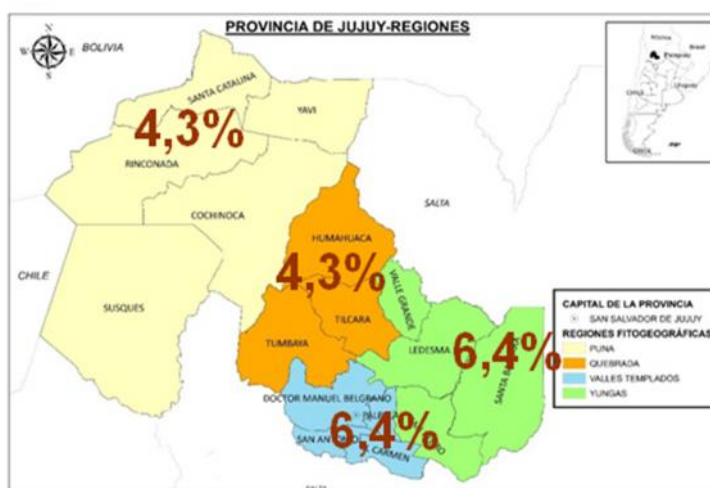
## VI. CAMBIO CLIMÁTICO

18. Entre los impactos más relevantes del Cambio Climático para la producción agrícola, se pueden mencionar el incremento de temperaturas, la disminución de disponibilidad hídrica, el incremento de eventos extremos tales como inundaciones, heladas, granizo, etc. Se estima que las pérdidas de productividad asociadas al cambio climático pueden reducir entre 3 y 17 % el PIB agrícola en algunos países de la región (CEPAL 2012), principalmente debido a la reducción o pérdida de cosechas.

19. A los efectos de éste estudio y con el objeto de estimar y cuantificar los impactos sobre la producción futura se han considerado los dos primeros factores, el incremento de temperatura con el consecuente aumento de la necesidad de riego y, por otro, la disminución estimada de precipitaciones y caudales de los ríos. Las informaciones han sido analizadas por regiones, en base a las evaluaciones y datos del 2º Comunicado Nacional de la República de Argentina a la Convención de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático y en base a la información del portal de Cambio Climático del Banco Mundial<sup>3</sup>, en el cuál se encuentra información detallada de Cambio Climático de todo el mundo y se detalla por país, provincias y cuencas.

20. En la gráfica siguiente pueden observarse los incrementos de necesidades de riego calculados a partir de variaciones de temperatura estimadas en cada región. Las evaluaciones se realizaron utilizando el modelo Aquacrop, con las células de cultivo más representativas por región, en base al relevamiento realizado<sup>4</sup>.

Figura Nº 5: Aumento de necesidades de riego por regiones.



Fuente: Elaboración Propia

21. El portal de Cambio Climático del Banco Mundial define distintos indicadores a nivel de cuencas para entender el riesgo del recurso agua para la gestión y

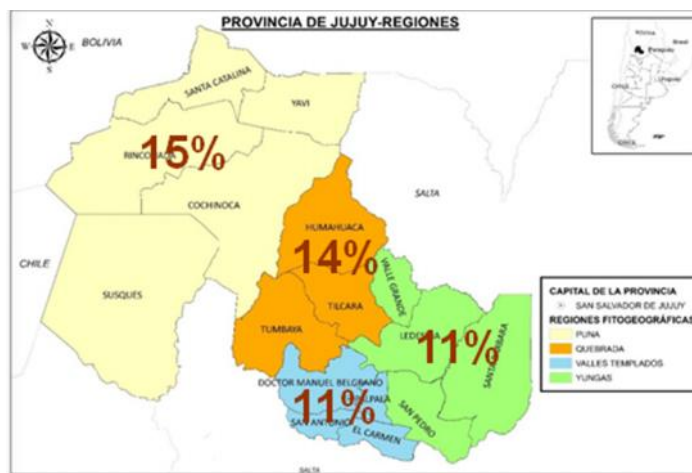
<sup>3</sup> <http://sdwebx.worldbank.org/climateportal/index.cfm>

<sup>4</sup> Aquacrop: modelo predictivo de rendimientos agrícolas y mejoramiento de la productividad del agua.

desarrollo de infraestructuras y proyectos. Por ejemplo, cuando se evalúan proyectos de agua se usan indicadores como Esguerrimiento Medio Anual, Déficit de agua para riego, Rendimiento de las cuencas o Caudales base. Además estos indicadores se pueden obtener para las distintas cuencas y modelos de Cambio Climático con distintas proyecciones de tiempo.

22. Para realizar el análisis de Cambio Climático se ha utilizado el Indicador de Déficit de agua para riego que tienen en cuenta la estacionalidad de los cultivos por cuencas según el escenario de GCM hadcm<sup>3</sup> ya que es el que mejor representa Sur América según el 2º comunicado de Argentina, y se ha estimado una media entre las distintas proyecciones temporales. En la tabla siguiente se observan los valores estimados por provincia.

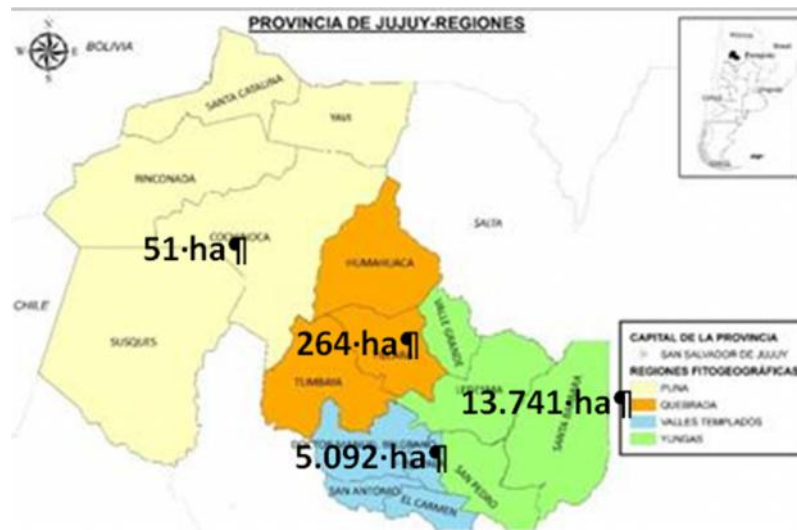
Figura Nº 6: Déficit Medio de Irrigación (%)



Fuente: Elaboración Propia sobre la base del Portal de Cambio Climático del Banco Mundial

23. A partir de estas informaciones, se realizó una estimación de las pérdidas productivas que podrían generarse en escenarios futuros de mayor temperatura y menor disponibilidad de recurso hídrico. En base a lo anterior, se concluye que de no realizarse inversiones en los sistemas de riego actuales, las reducciones de producción evaluadas como pérdidas de superficie equivalente, ascenderían a 19.149 hectáreas. Puede verse a continuación la distribución de pérdidas estimadas por región en relación a la superficie cultivada.

Figura Nº 7: Pérdidas de Superficie por Cambio Climático



Fuente: elaboración propia

## VII. ANÁLISIS DE INVERSIONES NECESARIAS

24. Sobre la base de la información relevada, se estimaron las potenciales ampliaciones viables de áreas irrigadas. Para ello se evaluaron las inversiones necesarias, y los beneficios asociados a partir de las mejoras de eficiencias del uso del recurso, tanto en el sistema de captación, transporte y distribución, como a través de las mejoras de tecnificación de riego en parcela.

25. Como resultado de estos aumentos en eficiencia se obtienen ahorros de agua que se traducen en un aumento de superficie cultivada bajo riego y aumento de producción. Inicialmente se planteó un escenario base en el que se propone alcanzar una eficiencia global objetivo del 60%.

26. Los resultados evaluados permiten estimar preliminarmente que es factible alcanzar una ampliación potencial variable en un rango entre 77 y 56 mil hectáreas a través de mejoras de eficiencias mediante inversiones en los sistemas colectivos y a nivel de parcela, considerando los distintos efectos del cambio climático.

## VIII. COSTOS DE INVERSIÓN

27. A partir del estudio detallado de los proyectos formulados por PROSAP en la provincia, se analizaron alcances y características de las inversiones consideradas y beneficios asociados, y se identificaron montos de inversión característicos por sistemas de riego, que permiten asegurar condiciones de viabilidad económica de las inversiones realizadas en cada sistema.

28. En base a los análisis realizados, sumados al estudio y conocimientos de los sistemas, y el estado y características de la infraestructura existente, se determinó

una metodología de cálculo del costo de la infraestructura colectiva de riego, en base a parámetros estándares de los sistemas por cada región.

#### **A. INVERSIONES EN CAPTACIÓN, TRANSPORTE Y DISTRIBUCIÓN FUERA DE PARCELA**

29. Se plantearon las intervenciones necesarias en cada sistema, es decir, aquellas que permitirían alcanzar mejores eficiencias.

30. Siguiendo los criterios mencionados, para cada sistema de riego de cada región, se definieron los siguientes parámetros:

- a. **Superficie total regada** (se obtiene a partir del relevamiento realizado y de la búsqueda de información de los consultores).
- b. **Ubicación cartográfica del sistema** (con ayuda del Google Earth, se ubica la zona regada, dentro de cada provincia).
- c. **Tipología de canales** (a partir de las diferentes superficies regadas involucradas en los sistemas bajo riego, se definen para el cálculo cinco tipologías de canales, en función de la superficie que abastece cada uno).

Cuadro Nº 3: Tipología de canales seleccionada para realizar el análisis.

Tipo de Canal	Denominación	Has	
I	Primario	40.000	50.000
II	Secundario	15.000	40.000
III	Terciario	7.000	15.000
IV	Cuaternario	1.000	7.000
V	Comunero	0	1.000

Fuente: Elaboración propia.

- d. **Longitud del tramo intervenido, m/ha:** parámetro que se obtiene a partir de los datos relevados de los proyectos de PROSAP y del conocimiento local de los consultores. Indica la longitud de canal intervenida en los proyectos clasificándola por su ubicación en el sistema y tamaño en función de la superficie a la que abastece. En base a esto, se establece una relación m/ha intervenidos en función del sistema (variable por región) y tamaño de la conducción.

Cuadro Nº 4: Parámetro de longitud intervenida.

Tipo	m/ha	U\$S/Ha/Km/pm	Captación [UH\$S/Has]
II	1,02	5,34	-
III	1,07	11,47	310,37
IV	4,77	56,09	343,02
V	16,24	270,11	1.055,99

Fuente: Elaboración propia

- e. **Pendiente, m/m:** la pendiente de los canales se determina a través de información existente en el terreno, del conocimiento local y del procesamiento de datos de las imágenes satelitales.
- f. **Caudal:** el caudal de diseño para el cálculo de la infraestructura, se adopta en 1,00 l/s para todo los tipos de canales.
- g. **Geometría del canal:** se asume para el cálculo una sección rectangular, cuya altura del canal es la mitad de su base.
- h. **Dimensionamiento hidráulico,** en base a los datos anteriores se determina el perímetro mojado correspondiente para cada sistema y tipo de canal.
- i. **Parámetro Costo, USD/Km/ha/PM<sup>5</sup>:** se determina en base a valores de mercado y comparando con la información y datos relevados de los proyectos formulados por el PROSAP. Este parámetro varía en función de la tipología del canal y tiene en cuenta la inversión en obras de conducción y distribución (incidencia de obras singulares). Cabe mencionar que en la mayoría de los sistemas de gran escala, las obras de cabeceras ya se encuentran construidas, a diferencia de lo que sucede en ciertos sistemas de menor escala. Es por ello que las obras de cabecera son consideradas solamente en los sistemas que requieren de su construcción y/o mejoras<sup>6</sup>. La inversión necesaria se estima en función de las hectáreas a abastecer.

<sup>5</sup> PM: Perímetro mojado: Contorno del canal que está en contacto con el agua.

<sup>6</sup> En general se tienen en cuenta solamente para las tipologías de canales III, IV y V, ya que las obras de cabecera para las tipologías I y II ya se encuentran en su mayoría ejecutadas).

Cuadro N° 5: Parámetro de costo calculado por tipología.

Tipo	m/ha	U\$S/Ha/Km/pm	Captación [UH\$S/Has]
II	1,02	5,34	-
III	1,07	11,47	310,37
IV	4,77	56,09	343,02
V	16,24	270,11	1.055,99

Fuente: Elaboración propia.

- j. Porcentaje de intervención:** En cada uno de los sistemas se estima un porcentaje de intervención dependiendo de las características del sistema, considerando el nivel de infraestructura existente. De esta forma se determina un porcentaje de intervención de la red existente con el objeto de alcanzar una eficiencia en el sistema colectivo de conducción y distribución que permita alcanzar una eficiencia variable entre 78% y 86%, según el sistema y provincia, verificándose según los antecedentes de proyecto analizados que dichas inversiones son viables desde el punto de vista económico. Para lograr este objetivo es necesario una inversión en revestimiento y distribución de los canales tipo I, II y III del orden del 100 % (porcentaje de intervención), los de tipo IV el porcentaje de intervención es del orden del 40 % y sin inversión en los de tipo V. En las provincias donde los sistemas de captación y transporte son privados, se ha considerado que las mejoras a realizar se localizan sobre la captación y una tipología de canal primaria y única, siguiendo la misma metodología de cálculo antes planteada.
- k. Coeficiente telescópico,** con el objeto de considerar en los análisis de costos, las reducciones de caudal por entregas durante el recorrido, se ha considerado un coeficiente denominado telescópico, según los siguientes criterios:

Cuadro N° 6: Coeficientes telescópicos aplicados.

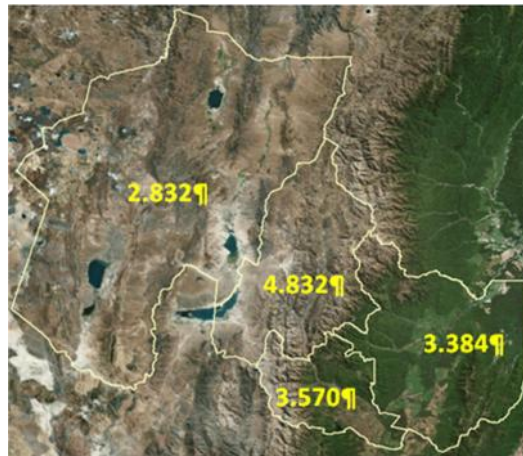
Reducción Telescópica		
mts		%
> 30.000		50
7.000	30.000	60
3.000	7.000	70
0,0	3.000	100

Fuente: Elaboración propia.

- l. Costo total por ha de cada tipología de canales (USD/ha):** se obtiene el costo por ha de los distintos tipos de canal intervenidos, en base a la longitud, los parámetros costos determinados y el perímetro mojado de cada tipología de canal.
- m. Costo total del sistema (USD),** determinado en base al costo por hectárea y la cantidad de hectáreas del sistema considerado.
- n. Sistemas de drenaje:** Existe poca información en las provincias relacionadas con la superficie que presenta problema de drenaje y salinización. No obstante lo anterior se estima que actualmente, en base a las bajas eficiencias de los sistemas, aproximadamente entre un 20–30% de la superficie irrigada puede presentar problemas relacionados con niveles freáticos altos o problemas de salinidad. Es necesario señalar que debido a la experiencia adquirida durante la implementación de proyectos integrales de inversión ejecutados por el PROSAP, la problemática relacionada con drenaje se minimiza importantemente al actuar sobre las mejoras de eficiencias, tanto en los sistemas colectivos como en parcela. Por ello resulta razonable no considerar las inversiones que serían necesarias en la situación actual, sino que las mismas deben evaluarse en una etapa posterior, una vez que se hayan generado los impactos y beneficios asociados a las inversiones vinculadas con las mejoras de eficiencia. En base a lo anterior, en las estimaciones de inversiones actualmente previstas no se han incluido inversiones complementarias en sistemas de drenaje.

31. A partir de estos análisis se determinó el costo por hectárea y total de inversión por región, siendo la media provincial del orden de 3.471 USD/ha. En la Figura siguiente, puede observarse la distribución de inversiones.

Figura N° 8: Inversión en captación, conducción y distribución (USD/ha).



Fuente: Elaboración propia.

## IX. NIVEL PARCELAR

32. Para determinar los costos de inversión parcelar por región, se plantearon distintos escenarios, en base a dos criterios principales: (i) nivel de eficiencia intraparcilaria final por tipología y (ii) tipologías de mejoras de riego considerada dependiendo del tipo de cultivo.

33. Para cada región se estipula un escenario probable a futuro, con una eficiencia intraparcilaria promedio, superior a la actual (28%, Quebrada y Puna-45% Valles Templados y Yungas), asumiendo valores objetivos entre 66% y 70%.

34. El valor definido para cada región, es aquel que combinado con la eficiencia de conducción colectiva promedio proyectada para esa región, logra un valor de eficiencia global objetivo a nivel de regional de entre el 55% y 60%.

35. Dicha eficiencia intraparcilaria se determinó a partir de considerar diversos tipos de mejoras en técnicas de riego, con diferentes porcentajes de aplicación. Esta proporción depende de la capacidad de absorber tecnologías de riego de cada región, la cual se evaluó a través de ciertos indicadores: oferta del recurso, relación de agricultura familiar versus. agricultura empresarial, y de la adaptabilidad de los principales cultivos a mejoras (riego superficial tecnificado y riego presurizado).

36. Los criterios para establecer los porcentajes de la tecnología de los distintos escenarios se basaron en la capacidad de los cultivos de adaptarse a la tecnología propuesta, a la tipología de productores por región y a experiencias zonales.

37. Las diferentes tipologías de mejoras consideradas por región, se resumen en el siguiente cuadro:



Cuadro N° 7: Tipologías de mejoras consideradas para las inversiones parcelares

PROVINCIA	ESCENARIO	VALORES DE ESCENARIO				EFICIENCIA PARCELARIA REGIONAL
		s/Mejoras	Gravedad Mejorado	Gravedad Tecnificado	Presurizado	
RANGO DE VALORES ASOCIADOS		10%-30%	por iteración	5%-20%	5%-30%	
<b>EFICIENCIA MÉTODO DE RIEGO</b>		<i>de Datos Base</i>	<b>65%</b>	<b>75%</b>	<i>de inversiones</i>	
VALLES TEMPLADOS		20%	52%	13%	15%	66%
YUNGAS		20%	30%	20%	30%	70%
QUEBRADA		10%	65%	5%	20%	66%
PUNA		10%	65%	5%	20%	66%

Fuente: Elaboración propia

**B. TIPOLOGÍAS DE MEJORAS:**

- **Sin mejoras:** se ha considerado que entre un 10% y un 30% de la superficie no realiza mejoras manteniendo una eficiencia intraparcilaria promedio del 50%. Esta situación está asociada directamente al indicador Oferta del Recurso considerando que en situaciones de escasez se tenderá a lograr mayores eficiencias y por el contrario en situaciones de oferta alta se tiende a valorar poco el recurso y no aplicar mejoras; y al indicador Agricultura Familiar/Agricultura Empresaria, considerando que la agricultura empresaria tiende a incorporar mejoras tecnológicas con mayor facilidad.
- **Con mejoras:** Como complemento del punto anterior planteado se ha considerado que un 70 a 90% de productores realizan mejoras en sus sistemas de riego distribuidos entre los siguientes tipos de mejoras.
- **Riego por Gravedad Mejorado:** Eficiencia propuesta 65%.El rango de implementación considerado es entre el 20 y 50% de los casos. Por tratarse de la mejora más accesible de implementarse (física y económicamente), se ha maximizado su participación de tal manera de llegar a la eficiencia objetivo con el menor valor de inversión.

Las mejoras propuestas contemplan realizar movimientos livianos de suelo en cultivos implantados o no, a fin de mejorar los niveles de terreno, mejorar bordos y acequias, para evitar fugas y contar con un terreno mejor sistematizado para regadío. Así como la implementación de compuertas derivadoras en reemplazo de tapones de tierra, y la derivación de caudal a surcos de riego por medio de sifones plásticos a fin de controlar el caudal derivado

Costo de la mejora (U\$S/ha): 389,00

- **Riego por Gravedad Tecnificado:** Eficiencia propuesta 75%. El rango de implementación considerado es entre 5 y 25%, de los casos influenciado por el indicador específico. (Adaptabilidad de los principales cultivos a Gravedad Tecnificada). Los sistemas de riego de gravedad tecnificada, son aplicables a cultivos desarrollados en grandes extensiones, en superficies fácilmente nivelables; con surco de gran longitud.

Las mejoras propuestas contemplan implementar riego por pulsos en un 40% de los casos y en el 60% de los casos restantes implementar un sistema más económico, similar al de pulsos pero sin la válvula pulsadora y reemplazando las tuberías de PVC con ventanas, por mangas flexibles de PE con ventanas. Ambos casos incluyen nivelación laser de terrenos previamente sistematizados, compuertas derivadoras a tubos o mangas

Costo de la mejora (U\$S/ha): 1.180,00

- **Riego Presurizado:** Eficiencia propuesta 87%. El rango de implementación considerado oscila entre 10 y 30%, influenciado por el indicador específico. (Adaptabilidad de los principales cultivos a Presurización) El cual por ejemplo considera negativo para el goteo los cultivos no hilerados o hilerados en alta densidad, los cultivos que necesitan grandes láminas de agua, y los de ciclo muy corto; y se considera negativo para la aspersión cultivos hilerados de baja densidad, los de alto porte, y las zonas ventosas.

Se contempla la implementación de sistemas presurizados, con una participación relativa de sistemas (goteo, aspersión, etc), correspondiente a la proporción en la que se encuentran representados cada uno de los cultivos a nivel provincial (debido a que el tipo de sistema presurizado es relativo al cultivo irrigado

Costos de las mejoras (U\$S/ha): goteo hortícola integral: 3563,00 Goteo hortícola suplementario: 2603,00 Goteo fruti-vitícola: 2920,00 Goteo olivo-nogal: 2175,00 Goteo cítricos: 2325,00 Goteo subterráneo Industriales: 4113,00 Aspersión Pivot: 2776,00

38. Para la determinación de costos de los distintos modelos se utilizó una metodología basada en el costo unitario de cada componente por el volumen requerido en cada caso (ver detalle Anexo 2), como por ejemplo costo en dólares por m<sup>3</sup> bombeado, m<sup>3</sup> filtrado, m<sup>3</sup> conducido, m<sup>3</sup> derivado, costo de emisores por m<sup>2</sup>, costo de movimiento de suelos y nivelación laser por ha, costos de obras de derivación por ha, etc. Los valores finales fueron testeados con valores de mercado de productos de similares características.

Figura Nº 9: Esquema determinación de costos



39. De acuerdo a los criterios anteriores, cada nivel de eficiencia y combinación de tipos de mejoras, se presenta a nivel regional diversos niveles de inversión, diversos ahorros de agua con sus consiguientes beneficios y potencial de expansión en superficie cultivable, incrementos en los rendimientos por mejora en el riego e incorporación de tecnología.

40. Se muestran a modo de ejemplo, los cálculos de costos y beneficios considerados para la región de las Yungas.

Cuadro Nº 8: Planilla principal de resultados para un escenario de absorción tecnológica intrafinca, para la región Yungas.

				SUPERF.	COSTO US\$/ha	DEMANDA	COSTO US\$	COSTO US\$/HA				
				expand. (ha)	expand.	m3/ha/año	/ha interv.	TOTAL				
				42.310,19	3.072,71	5.000,00	1.994,25	1.547,60				
				YUNGAS								
EFICIENCIA PARCELARIA	SISTEMA DE RIEGO	EFICIENCIA DE SISTEMA (%)	INVERSIONES (US\$/ha)	EFICIENCIAS (%)	SUPERFICIE CULTIVADA C/AGUA SUP. (has)	SUP./ TIPO DE RIEGO (has)	SUP./ TIPO DE RIEGO (%)	INVERSIONES (US\$)	AGUA AHORRADA (HMS/AÑO)	INCREMENTO PRODUCCIÓN 1	INCREMENTO PRODUCCIÓN 2	
<b>TOTALES</b>					84.016	67.213		130.007.011,55	300,44		30%	
SIN PROYECTO parcelaria				45%	84.016							
CDN PROYECTO global				60%								
CDN PROYECTO conduc.-distri.				86%			100,0%					
CDN PROYECTO parcelaria				70%			80,0%					
sin mejoras	Superf.		-	45%		16.803	20%	-				
riego gravedad mejorado	Superf.		389,00	65%		25.205	30%	9.804.713,88	86,17			
riego gravedad tenificado	Superf.		1.180,00	75%		16.803	20%	19.827.870,40	74,68			
riego presurizado				90%		25.205	30%	100.374.427,27	199,58			
media ponderada rindes										23%	60%	
granos	Pivot	80%	2.775,92		2.087	626	2,5%	1.737.683,23		113%	216%	
forrajero	Pivot	80%	2.775,92		301	90	0,4%	250.913,82		300%	500%	
industriales	Goteo subt.	90%	4.113,00		73.678	22.103	87,7%	90.910.690,37		12%	45%	
hortícola	Goteo cinta.	90%	3.563,44		2.641	792	3,1%	2.823.180,41		117%	200%	
hortícola suplementario	Goteo cinta.	90%	2.603,00		-	-	0,0%	-		0%	0%	
fruti-vitícola	Goteo	90%	2.920,20		5.310	1.593	6,3%	4.651.959,43		76%	124%	
olivo-nogal	Goteo	90%	2.175,00		-	-	0,0%	-		0%	0%	
cítrico-banano	Goteo	90%	2.325,00		-	-	0,0%	-		48%	117%	
praderas		90%			-	-	0,0%	-				
otros		90%			-	-	0,0%	-				

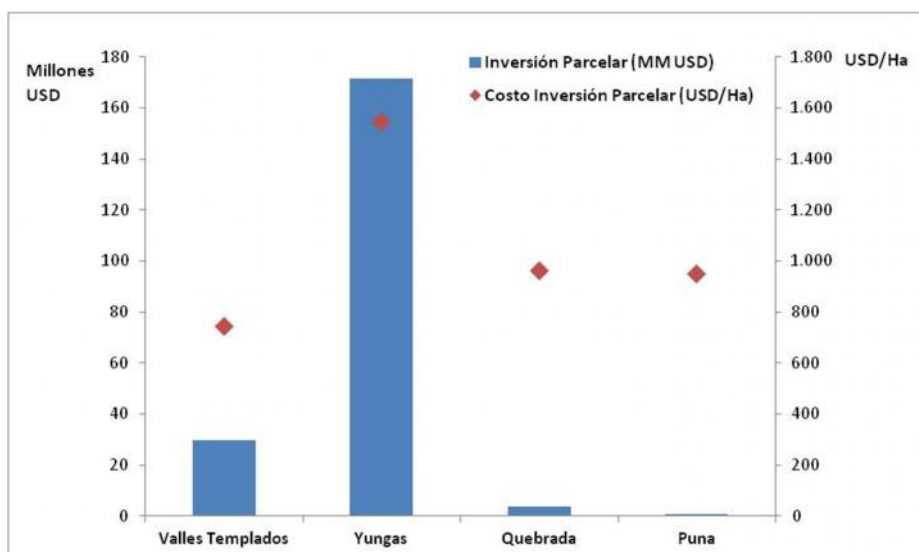
41. Los distintos escenarios se resumen en las siguientes conclusiones generales:

- La participación de cultivos a irrigar con sistemas presurizados, es proporcional a su participación general en el área cultivada provincial.
- La superficie expandida corresponde a las has irrigables con el agua ahorrada
- El costo por ha expandida expresa el costo relativo de acceder a esa expansión, es el cociente entre la inversión y la superficie expandida.
- El costo por ha intervenida es el cociente entre la inversión y la superficie empadronada
- El costo por ha total es el cociente entre la inversión y la suma de la superficie empadronada más la superficie expandida.

42. Los incrementos de producción fueron estimados considerando que en la situación sin proyecto si bien la eficiencia es baja no hay efecto de escasez de agua impactando en los rendimientos, corresponde a los rendimientos actuales de cada cultivo relevados oportunamente por los consultores para el presente trabajo, recurriendo a diversas fuentes. En la situación con proyecto los incrementales de rendimiento se deberán a mejoras en la uniformidad de riego expresada como uniformidad del cultivo. En los casos de riego presurizado los incrementales son considerados suponiendo la incorporación de un paquete tecnológico paralelo al sistema de riego.

43. En la figura siguiente, se observan las inversiones a nivel parcelar económicamente viables por región. Cabe destacar que en dichas inversiones no se incluyen costos de componentes blandas, diseño, asesoramiento, relevamientos, etc.

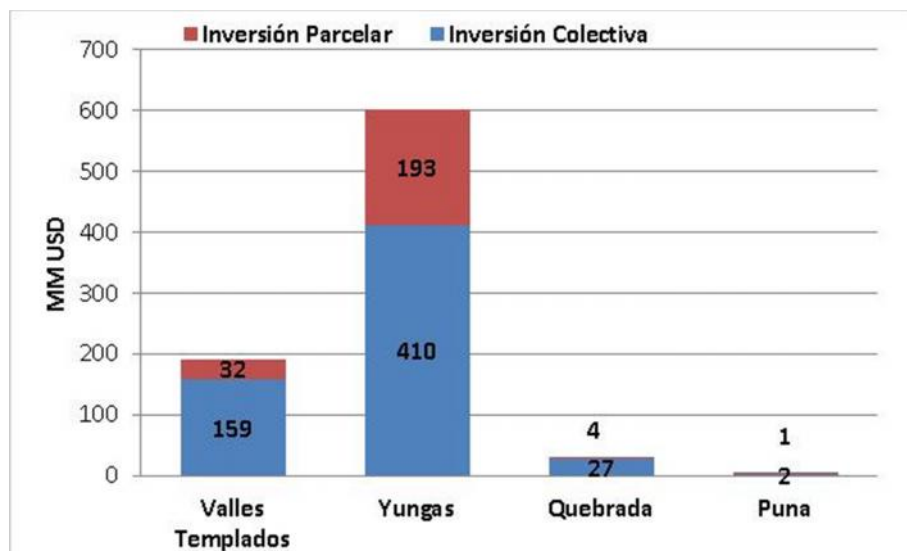
Figura N° 10: Inversiones parcelares por región, totales y por ha.



### C. TOTALES INVERSIONES ACUMULADAS FUERA DE FINCA E INTRAFINCA.

44. Acumulando las inversiones en sistemas colectivos e inversiones intrafinca, se determina el total de inversiones estimadas en cada región. La Figura siguiente muestra la distribución de esas inversiones (72% de inversión promedio en infraestructura común y 28% en parcela).

Figura N° 11: Inversión total en millones de USD



45. La distribución de inversiones por hectárea expandida por provincia, se puede observar en la próxima Figura, donde la inversión media estimada a nivel promedio del país asciende a 14.832 USD/ha.

Figura N° 12: Costo de inversión por superficie expandida (USD/ha).



### D. BENEFICIOS ASOCIADOS A LAS INVERSIONES

46. Los beneficios asociados a las inversiones propuestas, han sido evaluados a partir de mejoras en la eficiencia del uso del recurso, tanto en el sistema colectivo

como a través de mejoras de tecnificación en parcela. En ambos casos se consideran los impactos del cambio climático en escenarios futuros.

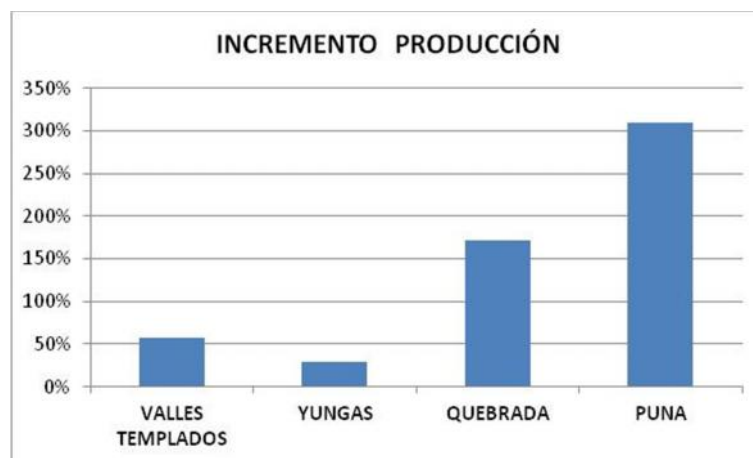
47. Como resultado de las mejoras en la eficiencia, los ahorros de agua se traducen en: aumento de superficie bajo riego, aumento de productividad e incremento de la resiliencia de los sistemas ante los impactos del cambio climático.

Figura Nº 13: Esquema de eficiencias del sistema consideradas.



48. Los incrementos de productividad (“rendimientos de los cultivos”) considerados por la tecnificación del riego en parcela, varían según el modelo productivo y con la tecnificación del riego en parcela propuesta. En la figura siguiente se observan los incrementos de producción considerados para los modelos productivos en cada región.

Figura Nº 14: Incrementos de Producción



49. En los incrementos de producción, se consideró que en la situación sin proyecto, si bien la eficiencia es baja, no hay efecto de escasez de agua que impacte a los rendimientos.

50. En la situación con proyecto, los incrementales de rendimiento se deben a mejoras en la uniformidad de riego.

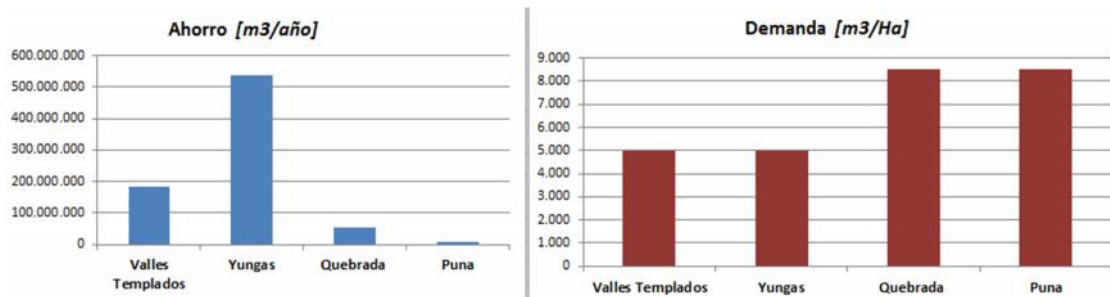
51. Se entiende en este documento por uniformidad de riego al hecho de que el agua distribuida llegue por igual a todos los puntos de la parcela regada. Una buena uniformidad garantiza que todas las plantas estén bien regadas, sin que unas reciban agua en exceso y a otras les falte, asegurándose así el desarrollo homogéneo del cultivo y su máxima capacidad productiva.

52. En los casos de riego presurizado, los incrementales son considerados suponiendo la incorporación de un paquete tecnológico paralelo al sistema.

### 1. Ahorros totales

53. Con las inversiones realizadas en proyectos de infraestructura de riego, se espera conseguir una eficiencia global del orden de 60%, considerando las demandas por región y aplicando el indicador de déficit de irrigación, podría lograrse un ahorro aproximado de 784 hm<sup>3</sup>/año.

Figura N° 15: Inversiones parcelares por regiones



54. El potencial del área a incrementar varía en un rango entre 77 a 56 mil hectáreas, en función los escenarios climáticos y de disponibilidad considerados.

55. En el primer escenario (77 mil ha) se presenta el resultado considerando que existe un aumento de las necesidades de riego de los cultivos, debido al incremento de temperatura estimado en los modelos de cambio climático.

56. En el segundo caso (56 mil ha), se consideraron futuros escenarios de escases, estimando disminuciones de los caudales en base a modelos de predicción. En este escenario se prevé satisfacer la demanda incrementada por mayores temperaturas de la superficie actualmente irrigada, más la ampliación factible ante eventos de escases. Este cálculo se realizó en base al indicador de déficit de irrigación del Banco Mundial.

Cuadro Nº 9: Potencial del Área en función del escenario

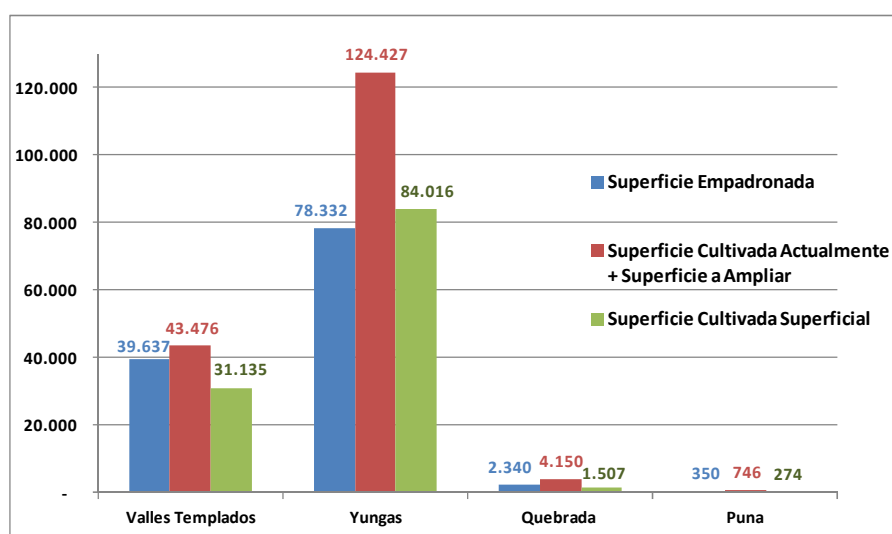
Región	Superficie a incrementar considerando Aumento Necesidades de Riego [Ha]	Superficie a Incrementar considerando CC [Ha]
Valles Templados	17.714	12.341
Yungas	55.790	40.411
Quebrada	3.319	2.643
Puna	604	472
<b>TOTAL</b>	<b>77.426,92</b>	<b>55.867,48</b>

Fuente: Elaboración propia

57. Sobre la base de lo anterior, se concluyó que con las inversiones propuestas es factible alcanzar una ampliación total de área de 77.427 ha, de las cuales 55.867 ha contarían con una garantía adecuada de satisfacción de la demanda, inclusive ante eventos de escases.

58. En la siguiente figura se muestran las superficies cultivadas y empadronadas actuales y la superficie total potencial a cultivar por región, teniendo en cuenta las 55.867 hectáreas con garantía de la demanda.

Figura Nº 16: Superficies potenciales a cultivar



## 2. Evaluación económica

59. La evaluación económica incluyó información de costos de inversión y de operación de las mismas, relacionadas tanto con las inversiones en captación, transporte y distribución como parcelarias.

60. También se consideró el valor de las producciones (ligado a precio de mercado, cupos de exportaciones por modelos, relación con el consumo interno, rotaciones, factores climáticos, etc.) y costos de producción y operativos necesarios para lograrlas.



61. Igualmente se tomaron los valores incrementales, es decir que las inversiones como los beneficios asociados, surgen de la consideración actual y futura sin proyecto, en comparación con la situación actual y futura con proyecto.

62. El objetivo de esta evaluación, fue analizar la viabilidad económica del conjunto de las inversiones planteadas. Indicadores utilizados: Valor Actual Neto (VAN), Tasa Interna de Retorno (TIR) y Valor Actual Neto por unidad de moneda (pesos o dólares) invertido (IVAN), para cada uno de los sistemas.

63. Considerando las células de cultivo relevadas, además de sus rendimientos y precios al productor, dio un Valor Bruto de Producción de \$ 523 millones de pesos.

## **X. METODOLOGÍA**

64. El estudio económico del potencial de expansión de las áreas bajo riego en la provincia de Jujuy se ha realizado en distintas etapas. En la primera de estas etapas, se analizó la información relevada con el propósito de determinar la capacidad productiva y económica de cada caso, de cara a un proceso de modernización de los sistemas hídricos y de la expansión potencial de las áreas bajo riego.

65. En la segunda etapa, a partir del cálculo detallado de costos y beneficios de inversión, se realizó una evaluación económica por región, determinando los indicadores de rentabilidad (VAN, TIR e IVAN).

66. Todo este proceso fue acompañado por una validación constante de la información relevada, no sólo de la superficie sino de los rendimientos, precios, costos de producción, etc., mediante la consulta permanente con los organismos públicos involucrados (principalmente a través de las dependencias regionales relacionadas con la producción agrícola o con la administración del recurso hídrico), los sectores privados (cámaras empresariales, empresas de servicios de riego, etc.), los organismos de ciencia y técnica, etc.

### **A. DETERMINACIÓN DEL VALOR BRUTO DE PRODUCCIÓN (VBP) E INVERSIÓN MÁXIMA POR SISTEMA.**

67. Detrás de todo proceso de inversión y modernización, existe un sistema productivo capaz de sustentarlo; es decir, se entiende que la inversión en infraestructura tiene una "demanda derivada" del sistema productivo. Esto implica determinar en primer lugar el Valor Bruto de Producción (VBP) y la Inversión Máxima por cada sistema.

68. Considerando las células de cultivo relevadas de cada sistema, sus rendimientos y precios al productor, dio como resultado un Valor Bruto de Producción de \$ 523 millones de pesos.

69. El valor de un activo de inversión, se define como el valor actual del flujo de beneficios netos que es capaz de generar. En este sentido, calculamos una inversión

“teórica” que surge de obtener el valor actual de un “flujo” de producción, valuada a precios al productor y al cual se le descuentan los costos pertinentes (de producción, operación y mantenimiento del sistema, etc.).

70. Las inversiones en los sistemas productivos generan, por lo tanto, valores incrementales (“con proyecto versus sin proyecto”) de las capacidades productivas prevalecientes en cada uno de ellos. La fuente de este incremento, se ha supuesto en el aumento de los rendimientos (fruto de las inversiones y mejores tecnologías) y en la expansión de la superficie cultivada.

#### **B. DETERMINACIÓN DE VAN Y TIR DE COSTOS Y BENEFICIOS DE INVERSIÓN.**

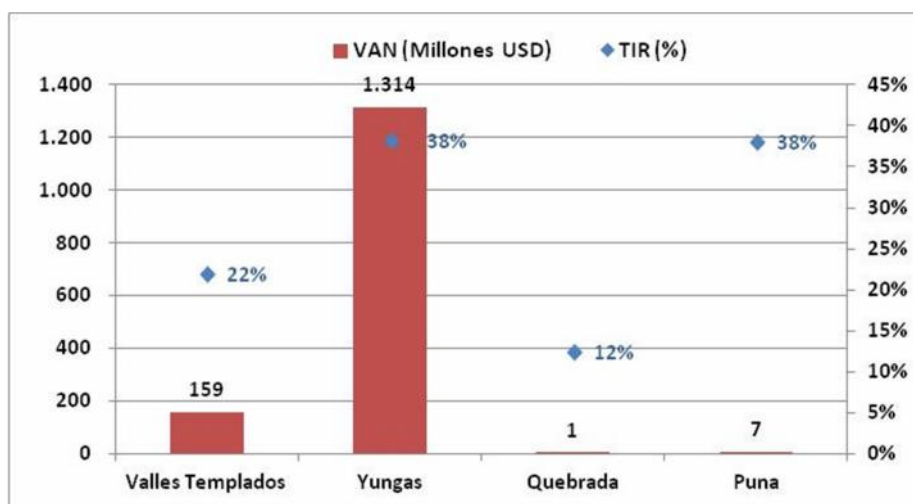
71. El objetivo de esta etapa fue determinar si las inversiones fuera y dentro de las parcelas eran económicamente viables para cada región. Tal como fue explicado anteriormente, se determinaron los valores de inversión de ambas categorías para cada uno de los sistemas regionales de agricultura (y ganadería) bajo riego.

72. Además, se utilizó la información productiva de cada sistema para el cálculo de los beneficios que podría otorgar la expansión potencial de áreas bajo riego.

73. Con el correspondiente armado de los flujos de fondos que comparan la situación con proyecto (“inversiones para lograr la expansión potencial”) y la situación sin proyecto (“situación de los sistemas productivos sin realizar inversiones pero afectados por el cambio climático”), se calcularon los siguientes indicadores económicos: **VAN** o Valor Actual Neto, que representa el incremento o excedente monetario de un proyecto, por encima de la mejor alternativa en la cual se puede invertir el mismo monto del proyecto; y **TIR** o Tasa Interna de Retorno, que es considerada como la tasa de rentabilidad del proyecto. En otras palabras, es “lo que rinden” los fondos colocados en el proyecto y no en otras explotaciones o inversiones financieras alternativas.

74. En la siguiente Figura se observa el resultado obtenido por región para los escenarios propuestos más rentables.

Figura N° 17: Resultados Evaluación Económica.



75. Todos los resultados y detalles de los análisis de inversión colectiva, parcelar y económico por región, pueden observarse en el Anexo correspondiente.

Cuadro N° 10: Cuadro Resumen

AREAS DE RIEGO EXISTENTES	
Superficie cultivada bajo riego	123.607 ha (64% del total cultivado)
Valor Bruto de Producción actual (VBP)	523 Millones USD
Potenciales ha de expansión (rango variable por escenario)	77.427 ha en total, de las cuales 55.867 ha con garantía adecuada inclusive ante eventos extremos de escasez
Inversión Media Colectiva	3.471 USD/ha
Inversión Media Parcelar	1.325 USD/ha
Inversión Media por ha expandida	14.832 USD/ha
Inversión Total	829 Millones USD

Fuente: Elaboración Propia

76. Se entiende por “Costo por ha expandida” al costo relativo de acceder a la expansión de superficie por ahorro de agua (es el cociente entre la inversión total y la superficie total expandida).

## TABLA DE FIGURAS

FIGURA Nº 1: ANÁLISIS MULTICRITERIO.....	4
FIGURA Nº 2: EVOLUCIÓN DE LA SUPERFICIE CULTIVADA EN ARGENTINA (1.000 HA) .....	5
FIGURA Nº 3: SUPERFICIES BAJO RIEGO POR REGIÓN. ....	8
FIGURA Nº 4: DISTRIBUCIÓN DE CULTIVOS POR PROVINCIA. ....	8
FIGURA Nº 5: AUMENTO DE NECESIDADES DE RIEGO POR REGIONES. ....	9
FIGURA Nº 6: DÉFICIT MEDIO DE IRRIGACIÓN (%) .....	10
FIGURA Nº 7: PÉRDIDAS DE SUPERFICIE POR CAMBIO CLIMÁTICO .....	11
FIGURA Nº 8: INVERSIÓN EN CAPTACIÓN, CONDUCCIÓN Y DISTRIBUCIÓN (USD/HA).....	16
FIGURA Nº 9: ESQUEMA DETERMINACIÓN DE COSTOS .....	19
FIGURA Nº 10: INVERSIONES PARCELARES POR REGIÓN, TOTALES Y POR HA.....	20
FIGURA Nº 11: INVERSIÓN TOTAL EN MILLONES DE USD.....	21
FIGURA Nº 12: COSTO DE INVERSIÓN POR SUPERFICIE EXPANDIDA (USD/HA).....	21
FIGURA Nº 13: ESQUEMA DE EFICIENCIAS DEL SISTEMA CONSIDERADAS. ....	22
FIGURA Nº 14: INCREMENTOS DE PRODUCCIÓN.....	22
FIGURA Nº 15: INVERSIONES PARCELARES POR REGIONES.....	23
FIGURA Nº 16: SUPERFICIES POTENCIALES A CULTIVAR.....	24
FIGURA Nº 17: RESULTADOS EVALUACIÓN ECONÓMICA. ....	27

## TABLA DE CUADROS

CUADRO N° 1: CARACTERÍSTICAS COMPARATIVAS DEL RIEGO EN LA REGIÓN. ....	5
CUADRO N° 2: SUPERFICIES CULTIVADAS BAJO RIEGO.....	7
CUADRO N° 3: TIPOLOGÍA DE CANALES SELECCIONADA PARA REALIZAR EL ANÁLISIS. ....	12
CUADRO N° 4: PARÁMETRO DE LONGITUD INTERVENIDA.....	13
CUADRO N° 5: PARÁMETRO DE COSTO CALCULADO POR TIPOLOGÍA. ....	14
CUADRO N° 6: COEFICIENTES TELESCÓPICOS APLICADOS. ....	14
CUADRO N° 7: TIPOLOGÍAS DE MEJORAS CONSIDERADAS PARA LAS INVERSIONES PARCELARES.....	17
CUADRO N° 8: PLANILLA PRINCIPAL DE RESULTADOS PARA UN ESCENARIO DE ABSORCIÓN TECNOLÓGICA INTRAFINCA, PARA LA REGIÓN YUNGAS. ....	19
CUADRO N° 9: POTENCIAL DEL ÁREA EN FUNCIÓN DEL ESCENARIO.....	24
CUADRO N° 10: CUADRO RESUMEN.....	27