ESCUELA DE DOCTORADO
INTERNACIONAL DE LA USC

Olim
Rahimov

Tesis doctoral

Análisis de la eficiencia en el uso del agua en el contexto de la liberalización agrícola en Bujará, Uzbekistán

Lugo, 2022

Programa de doctorado en Ingeniería para el Desarrollo Rural y Civil

TESIS DE DOCTORADO

ANÁLISIS DE LA EFICIENCIA EN EL USO DEL AGUA EN EL CONTEXTO DE LA LIBERALIZACIÓN AGRÍCOLA EN BUJARÁ, UZBEKISTÁN

Olim Rahimov Hamitovich

ESCUELA DE DOCTORADO INTERNACIONAL (EDIUS)

PROGRAMA DE DOCTORADO EN ENXEÑARÍA PARA O DESENVOLVEMENTO RURAL E CIVIL

LUGO

2022

DECLARACIÓN DEL AUTOR DE LA TESIS

Análisis de la eficiencia en el uso del agua en el contexto de la liberalización agrícola en Bujará, Uzbekistán

D. Olim Rahimov

Presento mi tesis, siguiendo el procedimiento adecuado al Reglamento, y declaro que:

1) *La tesis abarca los resultados de la elaboración de mi trabajo.*
2) *En su caso, en la tesis se hace referencia a las colaboraciones que tuvo este trabajo.*
3) *La tesis es la versión definitiva presentada para su defensa y coincide con la versión enviada en formato electrónico.*
4) *Confirmo que la tesis no incurre en ningún tipo de plagio de otros autores ni de trabajos presentados por mí para la obtención de otros títulos.*

En Bukhara, 27 de mayo de 2022

Fdo Olim Rahimov.

AUTORIZACIÓN DEL DIRECTOR/TUTOR DE LA TESIS

D./Dña. **Obidjon Khamidov**

En condición de: **Director/a**

Título de la tesis: **Análisis de la eficiencia en el uso del agua en el contexto de la liberalización agrícola en Bujará, Uzbekistán**

INFORMA:

Que la presente tesis, se corresponde con el trabajo realizado por D/Dña **Olim Rahimov**, bajo mi dirección/tutorización, y autorizo su presentación, considerando que reúne los requisitos exigidos en el Reglamento de Estudios de Doctorado de la USC, y que como director/tutor de esta no incurre en las causas de abstención establecidas en la Ley 40/2015.

En **Bukhara**, **27 de mayo de 2022**

Firma electrónica

AUTORIZACIÓN DEL DIRECTOR/TUTOR DE LA TESIS

D./Dña. **Tomás S. Cuesta García**

En condición de: **Tutor/a y director/a**

Título de la tesis: **Análisis de la eficiencia en el uso del agua en el contexto de la liberalización agrícola en Bujará, Uzbekistán**

INFORMA:

Que la presente tesis, se corresponde con el trabajo realizado por D/Dña **Olim Rahimov**, bajo mi dirección/tutorización, y autorizo su presentación, considerando que reúne los requisitos exigidos en el Reglamento de Estudios de Doctorado de la USC, y que como director/tutor de esta no incurre en las causas de abstención establecidas en la Ley 40/2015.

En **Lugo**, **30 de mayo de 2022**

Firma electrónica

ÍNDICE

AGRADECIMIENTOS…… 5
RAHMATNOMA ..…… 7
ACKNOWLEDGEMENT…… 9
RELACIÓN DE FIGURAS…… 11
RELACIÓN DE TABLAS…… 15
RESUMEN…… 23
REZYUME…… 27
ABSTRACT…… 27

1. INTRODUCCIÓN…… 29
1.1. El agua en la historia de Asia Central: gestión y aprovechamiento …… 30
1.2. Conflicto en el uso del agua en Asia Central…… 33
1.3. Importancia del cultivo del algodón en Uzbekistán…… 37
1.4. Retos ambientales..…… 40
1.4.1. Desertificación del Mar de Aral…..…… 41
1.4.2. Salinización de los suelos irrigados..…… 43
1.4.3. Cambio climático en Asia Central..…… 44
1.5. Un nuevo escenario socioeconómico..…… 45
1.6. Definición de objetivos…… 46

2. REVISION BIBLIOGRÁFICA…… 49
2.1. Marco político y normativo de la gestión del agua en Uzbekistán…..…… 49
2.1.1. Marco institucional.…… 51
2.1.2. Información sobre los recursos hídricos en Uzbekistán…… 52
2.2. Problemas teóricos del uso eficiente de los recursos hídricos en una economía de mercado…… 52
2.3. Eficiencia en el uso del agua…… 54
2.4. Características agronómicas del cultivo del algodón..... 55
2.4.2. Fisiología y características…… 56

2.4.2. Manejo del cultivo……. 58
2.4.2.1. Preparación del terreno..…….. 58
2.4.2.2. Siembra……...…..…… 59
2.4.2.3. Abonado……...…… 60
2.5.2.4. Lavado de sales…….……..…. 61
2.4.2.5. Otras labores culturales……...…… 62
2.5. El riego…….……..……..…… 63
2.5.1. Riego por superficie ……..…… 65
2.5.1.1. Riego por superficie del algodón en Bujará ……..…. 68
2.5.2 Riego por goteo..……..……..…… 69
2.5.2.1. Riego localizado del algodón en Bujará…. …….……..…. 71

3. DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO…….....…… 73
3.1. Descripción de Uzbekistán…….…….…….……..…… 73
3.1.1. Características Socioeconómicas……...……...…… 76
3.1.1.1. Características del sector agrícola…..…….…..…… 78
3.1.1.2. Características del regadío……..…… 79
3.1.2. Hidrografía de la región……...…….…..…… 81
3.2. Descripción de la región de Bujará……..……..…..… 83
3.2.1. Características climáticas…….…..… 84
3.2.1.1. Temperaturas……...… 84
3.2.1.2. Precipitación……..…….…….… 85
3.2.1.3. Diagrama Ombrotérmico y Climograma……. 86
3.2.2. Geomorfología…….……...…….…..… 87
3.2.2.1. Relieve……..……..…..… 87
3.2.2.2. Características de los suelos …….……..…...… 88
3.2.3. Flora y fauna..…….…….....…. 89
3.3. Recursos hídricos…….……...… 89
3.3.1. Regadío…….……..……..……..…..… 92
3.3.1. Salinidad…….……..……..……..…..… 94
3.4. Caracterización socioeconómica……..…….……...…..…..… 96
3.4.1. Población…….....… 97

3.4.1.1. Estructura de la población……..…..…..…. 98
3.4.2. Sectores económicos…….…..…….. 99
3.4.2.1. Población activa en la agricultura…..…… 100
3.5. Sector Agrario……..……...……. 100
3.5.1. Agricultura…….…….....… 101
3.5.2. Ganadería…….……....… 103
3.5.3. Otras actividades agrarias …….…… 104
3.6. Explotación Rustam Fayz……..……..… 104
3.6.1. Modernización del regadío en Rustam Fayz ……...……..... 108

4. MATERIAL Y MÉTODOS……..…….…… 111
4.1. Medida del consumo de agua en el cultivo del algodón en Rustam Fayz 2016/2021……..……...…..… 111
4.1.1. Consumo de agua en el riego por superficie…….…..... 112
4.1.2. Consumo de agua en el riego por goteo ……..……..… 116
4.1.3. Medida de la eficiencia en el uso del agua (EUA)……..……..… 118
4.2. Medida del consumo de inputs en el cultivo del algodón agua en Rustam Fayz 2016/2021……....……...……...… 118
4.2.1. Consumo de inputs en el cultivo en riego por superficie…..…… 119
4.2.2. Consumo de inputs en el cultivo en riego por goteo.…… 126
4.2.3. Ingresos en el cultivo de algodón en regadío…… 131
4.2.4. Definición del indicador IPAB……....…… 131
4.3. Superficie y recursos hídricos destinados al cultivo del algodón…… 132
4.3.1. Superficie destinada al cultivo de algodón en regadío en la provincia de Bujará…….…… 132
4.3.2. Recursos hídricos destinados al cultivo de algodón en regadío en la provincia de Bujará……..… 136
4.3.3. Definición de escenarios..……..…… 137

5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN…… 139
5.1. Consumo de agua en el cultivo del algodón en Rustam Fayz 2016/2021…...… 139
5.1.1. Riego por inundación en 2016/2018…….…….…… 139

USC UNIVERSIDADE DE SANTIAGO

5.1.2. Riego por goteo en 2019/2021……. 144
5.1.3. Medida de la eficiencia en el uso del agua (EUA)…… 146
5.2. Consumo de inputs en el cultivo del algodón agua en Rustam Fayz 2014/2020……. 148
5.2.1. Medida del indicador IPAB…… 156
5.3. Definición de los escenarios……. 164
5.3.1. Diagnóstico de los tres escenarios…… 167

6. CONCLUSIONES…….. 173

7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS…….. 177

USC UNIVERSIDADE DE SANTIAGO DE COMPOSTELA

AGRADECIMIENTOS

Me gustaría expresar mi agradecimiento a las autoridades y al personal de las universidades que han permitido este trabajo, la Universidad de Santiago de Compostela en España y la Universidad Estatal de Bukhara en Uzbekistán por su constante apoyo y orientación en la realización de esta investigación.

Este trabajo de investigación no hubiera sido posible sin el apoyo excepcional de mi supervisor, el profesor Tomás S. Cuesta en Santiago de Compostela. Su entusiasmo, conocimiento y atención rigurosa a los detalles han sido una inspiración y han mantenido mi trabajo encaminado desde mis encuentros. Gracias a su ayuda propicia y por una abrumadora mayoría de información científica, pude completar con éxito mi investigación durante muchos años (2008-2020). Al mismo tiempo, estoy muy agradecido a mi asesor científico, el rector de la Universidad Estatal de Bukhara, Doctor en economía, el profesor Obidjon Khafizovich Khamidov, por su indispensable ayuda para completar este trabajo. Estoy especialmente en deuda con el personal del departamento de Economía de la Universidad Estatal de Bukhara, encabezado por él, por su apoyo.

Agradezco a todos aquellos con los que he tenido el placer de trabajar durante este y otros proyectos relacionados. Cada uno de los miembros de mi Comité de Disertación me ha proporcionado una amplia orientación personal y profesional y me ha enseñado mucho sobre la investigación científica y la vida en general. Me gustaría agradecer especialmente a Firdavs Norov, la persona responsable de la administración regional de Bukhara y a Rauf Rustamov, el jefe de la granja "Rustam Fayz" del distrito de Gijduvan de la región de Bukhara, donde nuestra investigación fue probada en la práctica para proporcionarnos la información necesaria para nuestra tesis.

Nadie ha sido más importante para mí en la consecución de este proyecto que los miembros de mi familia. Me gustaría agradecer a mis padres, cuyo amor y guía me acompañan en todo lo que persigo. Son los mejores modelos a seguir. Más importante aún, deseo agradecer a mi esposa e hijos y a todos mis parientes cercanos que han apoyado mis metas profesionales y que trabajaron activamente para brindarme el tiempo académico protegido para lograr esas metas.

Para concluir, quisiera enfatizar que la ciencia es un camino difícil y gratificante, y les deseo a todos, éxito en este esfuerzo.

USC
UNIVERSIDADE DE SANTIAGO DE COMPOSTELA

USC
UNIVERSIDADE
DE SANTIAGO
DE COMPOSTELA

RAHMATNOMA

Ilmiy ishimning yuzaga kelishida Ispaniyaning Santyago de Kompostela universiteti va O‘zbekistondagi Buxoro davlat universiteti rahbariyati va jamoasi meni doimiy ravishda qo‘llab-quvvatlab kelishganini ta’kidlamoqchiman hamda ularga cheksiz minnatdorchilik izhor etaman.

Ilmiy ishimni bajarishimda bevosita rahbarlik qilgan, beminnat yordamini ayamagan, o‘z maslahatlari bilan doimiy ravishda qo‘llab-quvvatlab kelgan, qimmatli vaqtini ayamasdan mening o‘rinli va o‘rinsiz savollarimga erinmasdan javob bergan ustozim Santyago de Kompostela universiteti professori Tomas Serafin Kuestoga o‘zimning samimiy tashakkurimni bildiraman. Uning beminnat yordami va juda ko‘p ilmiy axborotlarni berishi natijasida uzoq yillar davomida (2008-2020) olib borgan tadqiqotimni muvaffaqiyatli yakunlashga muvaffaq bo‘ldim. Shu bilan birgalikda, ilmiy ishimizni amalga oshirishda beqiyos ko‘mak bergan ilmiy rahbarim Buxoro davlat universiteti rektori, iqtisod fanlari doktori, professor Obidjon Xafizovich Xamidovga o‘zimning samimiy minnatdorchiligimni bildiraman. U kishi boshchiligidagi Buxoro davlat universiteti Iqtisodiyot kafedrasi jamoasiga meni qo‘llab-quvvatlagani uchun katta rahmat deyman.

Ilmiy ishimiz tadqiqotlari amaliy jihatdan sinovdan o‘tkazilgan Buxoro viloyati G‘ijduvon tumani “Rustam Fayz” fermer xo‘jaligi rahbari Rauf Rustamov, tadqiqot ishimiz uchun kerakli ma’lumotlarni taqdim etgan Buxoro viloyati hokimligi mas’ul xodimi Firdavs Norovga ham minnatdorchilik bildiraman.

Shu yillar davomida meni qo‘llab-quvvatlab kelgan oila a’zolarimga, ota-onam, turmush o‘rtog‘im va farzandlarimga, barcha yaqin qarindoshlarimga ham cheksiz minnatdorchilik izhor etaman.

So‘zim oxirida ilm naqadar mashaqqatli va o‘z navbatida huzurbaxsh yo‘l ekanligini ta’kidlab, bu yo‘lda barchaga omadlar yor bo‘lishini tilab qolaman.

.

USC
UNIVERSIDADE DE SANTIAGO DE COMPOSTELA

USC
UNIVERSIDADE
DE SANTIAGO
DE COMPOSTELA

ACKNOWLEDGEMENT

I would like to express my gratitude to the authority and staff of Santiago de Compostela University in Spain and Bukhara State University in Uzbekistan for their constant support and guidance on carrying out this research.

This paper and the research behind it would not have been possible without the exceptional support of my supervisor, professor Cuesta Garcia Tomas Serafin in Santiago de Compostela. His enthusiasm, knowledge and exacting attention to detail have been an inspiration and kept my work on track from my encounters. Thanks to his conducive assistance and for an overwhelming majority of scientific information, I was able to successfully complete my research over many years (2008-2020). At the same time, I am most thankful for my scientific adviser, Rector of Bukhara State University, Doctor of Economics, Professor Obidjon Khafizovich Khamidov, for his indispensable help in completing this work. I am especially indebted to the Economics department staff of Bukhara State University, headed by him, for their support.

I am grateful to all of those with whom I have had the pleasure to work during this and other related projects. Each of the members of my Dissertation Committee has provided me extensive personal and professional guidance and taught me a great deal about both scientific research and life in general. I would especially like to thank Firdavs Norov, the responsible person of the Bukhara regional administration and to Rauf Rustamov, the head of the farm "Rustam Fayz" of Gijduvan district of Bukhara region, where our research was tested in practice for providing us with the necessary information for our research.

Nobody has been more important to me in the pursuit of this project than the members of my family. I would like to thank my parents, whose love and guidance are with me in whatever I pursue. They are the ultimate role models. Most importantly, I wish to thank my spouse and children and all my close relatives who have been supportive of my career goals and who worked actively to provide me with the protected academic time to pursue those goals.

In conclusion, I would like to emphasize that science is a difficult and rewarding path, and I wish everyone success in this endeavor.

USC
UNIVERSIDADE
DE SANTIAGO
DE COMPOSTELA

USC
UNIVERSIDADE
DE SANTIAGO
DE COMPOSTELA

RELACIÓN DE FIGURAS

Figura 1.1	El ciclo hidrológico. Estimaciones de los principales depósitos de agua observados (números negros, en 10^3 km^3) y del flujo de humedad a través del sistema (números rojos, en 10^3 km^3 anuales) (Gimeno y otros, 2012)…….……..	29
Figura 1.2	Localización de Asia Central en el mundo (Wikipedia, 2022)……..……....	31
Figura 1.3	Principales canales de riego y drenaje en Khorezm (Conrad y otros, 2007)…..	31
Figura 1.4	Localización de los países de Asia Central (United Nations, 2020)…..…….	34
Figura 1.5	Origen de los recursos hídricos en Asia Central (ICWC, 2002)…..…….....	36
Figura 1.6	Producción, consumo y reservas mundiales de algodón (OCDE/FAO, 2020)...	38
Figura 1.7	Cultivo de algodón en Bujará (Elaboración propia, 2010)..……...	40
Figura 1.8	Cambios en la superficie total del Mar de Aral 1960-2013 (Sokolov, 2019)….	41
Figura 1.9	Imagen aérea del mar de Aral (Sokolov, 2019)…..……	42
Figura 1.10	Restos de la flota pesquera en Moynaq (Arian Zwegers, 2002)…..……	43
Figura 1.11	Conductividad eléctrica del extracto de una muestra de suelo saturado (Shirokova y otros, 2000)…….……..	44
Figura 1.12	Explotación Rustam Fayz (Elaboración propia, 2020 y 2022)..…….…	47
Figura 2.1	Cuotas asignadas de algodón por variedades en Bujará para 2018 (Elaboración propia, 2018)…….…….....	56
Figura 2.2	Flor del algodón (Elaboración propia, 2015)……..…	57
Figura 2.3	Fruto del algodón (Elaboración propia, 2015)…….…..…	57
Figura 2.4	Arado de otoño en Bujará (Elaboración propia, 2016)……...……	59
Figura 2.5	Siembra en abril en Bujará (Elaboración propia, 2016).…….……...	60
Figura 2.6	Nivelación por láser (Elaboración propia, 2014)……	62
Figura 2.7	Riego por inundación de algodón (Elaboración propia, 2018).…….	66
Figura 2.8	Diagrama de avance-receso (Cuesta, 2002).……..	67
Figura 2.9	Riego por surcos en inundación de algodón (Elaboración propia, 2017).…….	68
Figura 2.10	Gotero en algodón (Elaboración propia, 2020)……..	70
Figura 2.11	Instalación de riego por goteo en Rustam Fayz (Elaboración propia, 2019)….	71
Figura 3.1	Localización de Uzbekistán en Asia Central (United Nations, 2000).…...……	73
Figura 3.2	Mapa de Uzbekistán (FAO, 2012).……..…..……...….	74
Figura 3.3	Régimen de temperaturas en julio (Toshov y otros, 2019).……	75

USC UNIVERSIDADE DE SANTIAGO DE COMPOSTELA

Figura 3.4	Precipitación anual en mm (Toshov y Mirzaev, 2016)..…..……	76
Figura 3.5	Organización administrativa de Uzbekistán (Katpatuka, 2020)……	77
Figura 3.6	Cuencas del Amu Darya y del Sir Darya (World Bank, 2017)……..	81
Figura 3.7	Situación de Bujará en Uzbekistán (dreamstime.com).....	83
Figura 3.8	Diagrama ombrotérmico de Gaussen (Elaboración propia, 2022).……..…….	86
Figura 3.9	Climograma de Peguy (Elaboración propia, 2022)……	87
Figura 3.10	Suelos de la región de Bujará (Adaptado de Kulmatov y otros, 2015)……..	88
Figura 3.11	Cuenca del río Amu Darya (DEMIS Mapserver)…..……..……..	90
Figura 3.12	Recursos hídricos cuenca del Mar de Aral (Interstate Commission for Water Coordination of Central Asia, 2020)……..…	91
Figura 3.13	Evolución de flujos en el Amu Darya (World Bank, 2017)……..……	91
Figura 3.14	Esquema del Amu-Bujara Machine Canal (MAWR, 2020)……..……	93
Figura 3.15	Salinización del suelo en el oasis de Bujara (State Committee of the Republic of Uzbekistan for Land Resources, Geodesy, Cartography and State Cadastre, 2012)……...……..…..……..…….	95
Figura 3.16	Organización administrativa de Bujará (Katpatuka, 2020)..……..……	97
Figura 3.17	Vistas nocturnas de la ciudad de Bujará (gettyimages, 2020)……..…..	98
Figura 3.18	Situación del distrito de Gijduvon en Bujará (Katpatuka, 2021)……	104
Figura 3.19	Localización del asentamiento urbano de Rustam Fayz (Google maps, 2021)..	105
Figura 3.20	Imagen aérea de la explotación Rustam Fayz (Google maps, 2021)……..	105
Figura 3.21	Riego por gravedad en Rustam Fayz (Elaboración propia, 2016)……..…	106
Figura 3.22	Repartidor de agua en la entrada de la explotación (Elaboración propia, 2018)	107
Figura 3.23	Mejora red de distribución, Rustam Fayz (Elaboración propia, 2020).....	108
Figura 3.24	Cabezal de riego a presión en Rustam Fayz (Elaboración propia, 2020)…..…	109
Figura 4.1	Modernización en el sistema de riego en Rustam Fayz (Elaboración propia, 2020)……..…….……...…	112
Figura 4.2	Corrientómetro y contador de revoluciones (Elaboración propia, 2015)……....	113
Figura 4.3	Distribución de la velocidad en función del calado (Losada, 2008)…….....	114
Figura 4.4	Ejecución de un cabezal de riego a presión en Bujará (Elaboración propia, 2021)……..……...……..…	117
Figura 4.5	Explotación de algodón en regadío en Bujará (Elaboración propia, 2017)……	123
Figura 4.6	Localización del asentamiento Rustam Fayz (Google maps, 2021).....…….….	126
Figura 5.1	Lámina media mensual 2016/2018 (m^3/hectárea) en el canal Norte y en el canal Oeste (Elaboración propia, 2019)…….…….	141
Figura 5.2	Relación entre la dosis de riego y la precipitación (Elaboración propia, 2019).	142

USC UNIVERSIDADE DE SANTIAGO DE COMPOSTELA

Figura 5.3 Lámina media mensual 2019/2021 (m^3/día) en un sector de riego por goteo Elaboración propia, 2022)……... 145
Figura 5.4 Relación entre la dosis anual aplicada y la EUA calculada para el periodo 2016/2021 en Rustam Fayz (Elaboración propia, 2022)…… 146
Figura 5.5 Variación temporal del valor de IPAB 2016/2021 en Rustam Fayz (Elaboración propia, 2022)……. 160
Figura 5.6 Evolución de los beneficios en términos nominales y reales en función del valor de IPAB en el período 2016/2021 en Rustam Fayz (Elaboración propia, 2022)……..……..….. 161
Figura 5.7 Obras de mejora del regadío en Uzbekistán (Elaboración propia, 2022)…….. 162
Figura 5.8 Relación entre la superficie en riego de algodón y el volumen de agua destinada al riego del algodón 2016/2021 (Elaboración propia, 2022)…….. 165

USC UNIVERSIDADE DE SANTIAGO DE COMPOSTELA

USC
UNIVERSIDADE
DE SANTIAGO
DE COMPOSTELA

RELACIÓN DE TABLAS

Tabla 1.1	Uso los recursos hídricos en la cuenca del Mar de Aral (Rahimov y Abdughaniyev, 2009)……..……	35
Tabla 1.2	Evolución de la producción mundial de algodón 2016-2018 en miles de toneladas (FAOSTAT, 2020)…….….	38
Tabla 1.3	Cambios en el mar de Aral 1960 al 2000 (Cretaux y otros, 2013)……..……...…	41
Tabla 2.1	Ciclo del cultivo del algodón (Elaboración propia, 2019).....	58
Tabla 2.2	Dosificación para el abonado (Elaboración propia, 2019)…….....	61
Tabla 2.3	Factores de conversión de los principios fertilizantes (Elaboración propia, 2019)	61
Tabla 2.4	Principales factores que intervienen en las necesidades hídricas de un cultivo (Cuesta, 2002)……..…….……....	63
Tabla 2.5	Métodos de riego (Pereira y Trout, 1999)…….……...	64
Tabla 2.6	Distribución de la dosis de riego según periodo vegetativo (Elaboración propia, 2020)……	65
Tabla 2.7	Ventajas del riego por superficie (Adaptado de Faci y otros, 2000)……	66
Tabla 2.8	Limitaciones del riego por superficie (Adaptado de Faci y otros, 2000)……..…	66
Tabla 2.9	Distribución del volumen de agua de riego (Elaboración propia, 2020)…..……	69
Tabla 2.10	Volumen por riego y número de riegos según tipo de suelo (Elaboración propia, 2017)……..…….…….……	69
Tabla 2.11	Calendario de riegos por goteo en Bujará (Elaboración propia, 2020)……..….	72
Tabla 3.1	Distribución demográfica y superficie en Uzbekistán (SCRUS, 2020)……...	77
Tabla 3.2	Distribución demográfica y superficie en Uzbekistán (SCRUS, 2020)……...……	77
Tabla 3.3	Estructura del Producto Interior Bruto 2017 (SCRUS, 2020)…….	78
Tabla 3.4	Características de las regiones de regadío en Uzbekistán (World Bank, 2017).....	80
Tabla 3.5	Indicadores Agroclimáticos en las llanuras de Bujará (Rahimov y otros, 2019).…	84
Tabla 3.6	Temperaturas medias mensuales de la serie 1999/2019 (Estación Meteorológica Bukhara, 2019)……...……..…	85
Tabla 3.7	Precipitación media mensual 1999/2019 (Estación Meteorológica Bukhara, 2019)……	85
Tabla 3.8	Agua consumida en Bujará en 2019 (MAWR, 2020)…….…….	92
Tabla 3.9	Agua consumida en Bujará en 2019 por sectores (MAWR, 2020)……..	92
Tabla 3.10	Uso del agua por hectárea en Bujará 2006-2019 (Elaboración propia, 2020)…..…	94

USC UNIVERSIDADE DE SANTIAGO DE COMPOSTELA

Tabla 3.11	Suelos de regadío según salinidad en Bujará (CAWater-IS, 2020)……..…..…	96
Tabla 3.12	Información sobre acciones de rehabilitación de suelos (Rahimov y Yavmutov, 2019)..…….	96
Tabla 3.13	Datos de los distritos de Bujará (BRSD, 2019)…….…..	97
Tabla 3.14	Estructura por edades (BRSD, 2019)..…….…..	98
Tabla 3.15	Distribución del PIR en 2018 (BRSD, 2019).…….……	99
Tabla 3.16	Distribución de la producción industrial en 2018 (BRSD, 2019)……	99
Tabla 3.17	Tasas de ocupación laboral en Bujará (ICEX, 2021)……....	100
Tabla 3.18	Producción agraria y tenencia de la tierra (BRSD, 2019)……	100
Tabla 3.19	Producciones agrícolas (BRSD, 2019)..…….	101
Tabla 3.20	Producción agrícola y tenencia de la tierra en 2018 (BRSD, 2019)…….…...……	102
Tabla 3.21	Producción agrícola por provincias en 2018 (BRSD, 2019)……	102
Tabla 3.22	Distribución de la producción agrícola por provincias en 2018 expresado en % (BRSD, 2019)…….…….……....	103
Tabla 3.23	Producciones ganaderas en 2018 (BRSD, 2019)……..……	103
Tabla 3.24	Composición de la cabaña ganadera en Bujará (BRSD, 2019)…….…...……	103
Tabla 3.25	Cabaña ganadera y tenencia de la tierra en 2018 (BRSD, 2019)……	104
Tabla 3.26	Relevancia de otras actividades agrarias (BRSD, 2019)…….....	104
Tabla 3.27	Parque de maquinaria en Rustam Fayz (Elaboración propia, 2021)……..……..…	107
Tabla 3.28	Costes de la implementación del riego por goteo en Rustam Fayz (Elaboración propia, 2020)……..……..……	110
Tabla 4.1	Ocupación de la superficie útil de Rustam Fayz 2016/2021 (Elaboración propia, 2022)……	111
Tabla 4.2	Calendario de riegos en 2016/2018 en el sector norte (Elaboración propia, 2019).	112
Tabla 4.3	Calendario de riegos en 2016/2018 en el sector oeste (Elaboración propia, 2019)……..…..	113
Tabla 4.4	Valores de n_{40} y n_{80} en el canal norte 2016/2018 en revoluciones por segundo (Elaboración propia, 2019).....	115
Tabla 4.5	Valores de n_{40} y n_{80} en el canal oeste 2016/2018 en revoluciones por segundo (Elaboración propia, 2019).…….	115
Tabla 4.6	Valores medios del calado (cm) tomados en el canal Norte 2016/2018 (Elaboración propia, 2019)……..……	115
Tabla 4.7	Valores medios del calado (cm) tomados en el canal Oeste 2016/2018 (Elaboración propia, 2019)……..……	116
Tabla 4.8	Lecturas diarias en riego por goteo 2019 (Elaboración propia, 2021)……	117

USC DE SANTIAGO DE COMPOSTELA

Tabla 4.9	Lecturas diarias en riego por goteo 2020 (Elaboración propia, 2021)……	118
Tabla 4.10	Lecturas diarias en riego por goteo 2021 (Elaboración propia, 2022)……	118
Tabla 4.11	Parámetros para el cálculo de la PUA 2016/2021 (Elaboración propia, 2022)…..	118
Tabla 4.12	Consumo de semilla en riego convencional (Elaboración propia, 2019)……	119
Tabla 4.13	Consumo medio de fertilizantes nitrogenados en riego convencional (Elaboración propia, 2019)……..	119
Tabla 4.14	Consumo medio de fertilizantes fosfatados en riego convencional (Elaboración propia, 2019)……..…..	120
Tabla 4.15	Consumo medio de fertilizantes potásicos en riego convencional (Elaboración propia, 2019)…….……..	120
Tabla 4.16	Consumo de productos fitosanitarios en riego convencional (Elaboración propia, 2019)……....	120
Tabla 4.17	Consumo de defoliantes en riego convencional (Elaboración propia, 2019).…….	121
Tabla 4.18	Consumo de bioestimulantes en riego convencional (Elaboración propia, 2019)..	121
Tabla 4.19	Consumo de combustibles en el periodo de pre-siembra y siembra en riego convencional 2016 (Elaboración propia, 2019)……...	121
Tabla 4.20	Consumo de combustibles en el periodo de pre-siembra y siembra en riego convencional 2017 (Elaboración propia, 2019)……...	122
Tabla 4.21	Consumo de combustibles en el periodo de pre-siembra y siembra en riego convencional 2018 (Elaboración propia, 2019)……...	122
Tabla 4.22	Consumo de combustibles en el periodo de pre-siembra y siembra en riego convencional 2016/2018 (Elaboración propia, 2019)…….…….	122
Tabla 4.23	Consumo de combustibles en el periodo vegetativo en riego convencional 2016 (Elaboración propia, 2019)……..…….....	123
Tabla 4.24	Consumo de combustibles en el periodo vegetativo en riego convencional 2017 (Elaboración propia, 2019)……..…….....	123
Tabla 4.25	Consumo de combustibles en el periodo vegetativo en riego convencional 2018 (Elaboración propia, 2019)……..…….....	123
Tabla 4.26	Consumo de combustibles en el periodo vegetativo en riego convencional 2016/2018 (Elaboración propia, 2019)……..……..	124
Tabla 4.27	Costes de maquinaria en el periodo de pre-siembra y siembra en riego convencional 2016 (Elaboración propia, 2019)…….…...	124
Tabla 4.28	Costes de maquinaria en el periodo de pre-siembra y siembra en riego convencional 2017 (Elaboración propia, 2019)……...…....	124

USC UNIVERSIDADE DE SANTIAGO DE COMPOSTELA

Tabla 4.29 Costes de maquinaria en el periodo de pre-siembra y siembra en riego convencional 2018 (Elaboración propia, 2019)……..…….….. 124
Tabla 4.30 Costes de maquinaria en el periodo vegetativo en riego convencional 2016 (Elaboración propia, 2019)……..…….…... 125
Tabla 4.31 Costes de maquinaria en el periodo vegetativo en riego convencional 2017 (Elaboración propia, 2019)……..…….…... 125
Tabla 4.32 Costes de mano de obra en riego convencional 2016/18 (Elaboración propia, 2019)…… 125
Tabla 4.33 Costes de mano de obra en riego convencional 2016/18 (Elaboración propia, 2019)……..... 126
Tabla 4.34 Consumo de semilla (kg) en riego por goteo (Elaboración propia, 2022).…..…..... 126
Tabla 4.35 Consumo de fertilizantes minerales en riego por goteo 2019/21 (Elaboración propia, 2022)…… 127
Tabla 4.36 Consumo de productos fitosanitarios y químicos en riego por goteo 2019/21 (Elaboración propia, 2022)……..…… 127
Tabla 4.37 Consumo de combustibles en el periodo de pre-siembra y siembra en riego por goteo 2019 (Elaboración propia, 2020)…….. 128
Tabla 4.38 Consumo de combustibles en el periodo de pre-siembra y siembra en riego por goteo 2020 (Elaboración propia, 2021)..…… 128
Tabla 4.39 Consumo de combustibles en el periodo de pre-siembra y siembra en riego por goteo 2021 (Elaboración propia, 2022)..…… 128
Tabla 4.40 Consumo de combustibles en el periodo vegetativo en riego por goteo 2019 (Elaboración propia, 2020)……..…… 128
Tabla 4.41 Consumo de combustibles en el periodo vegetativo en riego por goteo 2020 (Elaboración propia, 2021)……..…… 129
Tabla 4.42 Consumo de combustibles en el periodo vegetativo en riego por goteo 2021 (Elaboración propia, 2022)……..…… 129
Tabla 4.43 Costes de maquinaria en el periodo de pre-siembra y siembra en riego localizado 2019 (Elaboración propia, 2020)……..…… 129
Tabla 4.44 Costes de maquinaria en el periodo de pre-siembra y siembra en riego localizado 2020 (Elaboración propia, 2021)……..…… 129
Tabla 4.45 Costes de maquinaria en el periodo de pre-siembra y siembra en riego localizado 2021 (Elaboración propia, 2022)……..…… 129
Tabla 4.46 Costes de maquinaria en el periodo vegetativo en riego localizado 2019 (Elaboración propia, 2020)……..…… 130

USC DE SANTIAGO DE COMPOSTELA

Tabla 4.47 Costes de maquinaria en el periodo vegetativo en riego localizado 2020 (Elaboración propia, 2021)…….…… 130
Tabla 4.48 Costes de maquinaria en el periodo vegetativo en riego localizado 2021 (Elaboración propia, 2022)…….…… 130
Tabla 4.49 Costes de mano de obra en riego por goteo 2019/21 (Elaboración propia, 2022).. 131
Tabla 4.50 Ingresos por la cuota estatal de producción de algodón en Rustam Fayz 2016/2021 (Elaboración propia, 2022)…… 131
Tabla 4.51 Superficie destinada al cultivo de algodón en riego por inundación en Bujará 2016/2021 (Elaboración propia, 2022)…… 133
Tabla 4.52 Cultivos (ha) en Rustam Fayz 2016/2021 (Elaboración propia, 2022)…… 133
Tabla 4.53 Superficie transformada en riego por goteo en el periodo 2013/2018 en la región de Bujará (Amu-Bukhara Irrigation Basin Department, 2019)……. 134
Tabla 4.54 Objetivos para la introducción del riego por goteo en 2019 en Bujará (CAWater-IS, 2020)…….. 135
Tabla 4.55 Parámetros de la transformación en riego por goteo en Bujará en 2019/2020 (Elaboración propia, 2021)…….. 135
Tabla 4.56 Objetivos para la introducción del riego por goteo en 2021 en Bujará…… 136
Tabla 4.57 Volumen de agua (103 m3) destinado al cultivo de algodón en riego por superficie en la provincia de Bujará en el periodo 2016/2021 (Elaboración propia, 2022)…… 137
Tabla 4.58 Definición de escenarios (Elaboración propia, 2022)…….. 138
Tabla 5.1 Consumo de agua (m^3) en riego convencional 2016 (Elaboración propia, 2019)... 139
Tabla 5.2 Consumo de agua (m^3) en riego convencional 2017 (Elaboración propia, 2019)... 140
Tabla 5.3 Consumo de agua (m^3) en riego convencional 2018 (Elaboración propia, 2019)... 140
Tabla 5.4 Precipitación antes de la siembra 2016/2018 (Elaboración propia, 2019)…….. 141
Tabla 5.5 Consumo de agua (m^3) en riego convencional 2016/2018 (Elaboración propia, 2019)……..... 142
Tabla 5.6 Lecturas diarias en riego por goteo 2019/2021 según periodo vegetativo (Elaboración propia, 2022)…….. 144
Tabla 5.7 Consumo de agua (m^3) en riego por goteo 2019/2021 (Elaboración propia, 2021)……..... 145
Tabla 5.8 EUA (kg/m^3) en algodón 2016/2021 (Elaboración propia, 2019)……... 146
Tabla 5.9 Valores de EUA (kg/m^3) en algodón para riego por inundación y riego por goteo (Cetin y Bilgel, 2002)…….. 147

USC UNIVERSIDADE DE SANTIAGO DE COMPOSTELA

Tabla 5.10 Consumo de semilla en Rustam Fayz en el cultivo de algodón en regadío 2016/2021 (Elaboración propia, 2022)…… 150
Tabla 5.11 Consumo de fertilizantes minerales en Rustam Fayzr en el cultivo de algodón en regadío 2016/2021 (Elaboración propia, 2022)……..…… 150
Tabla 5.12 Consumo de productos químicos en Rustam Fayzr en el cultivo de algodón en regadío 2016/2021 (Elaboración propia, 2022)……..…… 151
Tabla 5.13 Consumo de combustibles (kg/ha) en el periodo de pre-siembra y siembra 2016/2021 (Elaboración propia, 2022)…… 152
Tabla 5.14 Consumo de combustibles (kg/ha) en el periodo vegetativo 2016/2021 (Elaboración propia, 2022)…….. 152
Tabla 5.15 Consumo de combustibles (kg/ha) en 2016/2021 (Elaboración propia, 2022)…… 153
Tabla 5.16 Consumo de combustibles (uzs/ha) en el periodo de pre-siembra y siembra 2016/2021 (Elaboración propia, 2022)…… 153
Tabla 5.17 Consumo de combustibles (uzs/ha) en el periodo vegetativo 2016/2021 (Elaboración propia, 2022)…….. 153
Tabla 5.18 Consumo de combustibles (10^3 uzs/ha) en 2016/2021 (Elaboración propia, 2022)…… 154
Tabla 5.19 Costes de maquinaria (10^3 uzs/ha) en el periodo de pre-siembra y siembra 2016/2021 (Elaboración propia, 2022)…… 154
Tabla 5.20 Costes de maquinaria (10^3 uzs/ha) en el periodo vegetativo 2016/2021 (Elaboración propia, 2022)…….. 154
Tabla 5.21 Costes de maquinaria (10^3 uzs/ha) en 2016/2021 (Elaboración propia, 2022)…… 155
Tabla 5.22 Costes de mano de obra en Rustam Fayz en el cultivo de algodón en regadío 2016/2021 (Elaboración propia, 2022)…… 155
Tabla 5.23 Evolución del salario mínimo mensual en Uzbekistán 2016/21 (SCRUS. 2020; ICEX, 2021)……. 156
Tabla 5.24 Gastos diversos asociados a la actividad en la explotación 2016/2021 (Elaboración propia, 2021)…….. 156
Tabla 5.25 Valores de los costes registrados en la producción de algodón en regadío en Rustam Fayz 2016/2021 (Elaboración propia, 2022)……. 157
Tabla 5.26 Valores reales de los costes de producción registrados en la producción de algodón en regadío en Rustam Fayz 2016/2021 (Elaboración propia, 2022)…….. 157
Tabla 5.27 Producción de algodón en regadío en Rustam Fayz 2016/2021 (Elaboración propia, 2022)…… 158

USC DE SANTIAGO DE COMPOSTELA

Tabla 5.28 Ingresos en valor real de la producción de algodón en regadío en Rustam Fayz 2016/2021 (Elaboración propia, 2022)…… 158
Tabla 5.29 Evolución del rendimiento y de los precios del algodón bruto Rustam Fayz 2016/2021 (Elaboración propia, 2022)…… 159
Tabla 5.30 Valores obtenidos para el indicador IPAB 2016/2021 (Elaboración propia, 2022) 159
Tabla 5.31 Valor de IPB con valores reales en Rustam Fayz 2016/2021 (Elaboración propia, 2022)…… 159
Tabla 5.32 Valor de IPB en términos reales en Rustam Fayz 2016/2021 (Elaboración propia, 2022)…… 161
Tabla 5.33 Valores obtenidos (10^3 uzs/ha) para el indicador IPAB 2016/2021 considerando la amortización de los costes de la mejora del regadío (Elaboración propia, 2022) 162
Tabla 5.34 Sobrecoste por el uso de agua (Elaboración propia, 2022)…….. 163
Tabla 5.35 Beneficio medio en términos reales considerando la tasa sobre el uso del agua (10^3 uzs/ha) (Elaboración propia, 2022)…….. 164
Tabla 5.36 Recursos destinados al cultivo del algodón en Bujará 2016/2021 (Elaboración propia, 2022)…… 166
Tabla 5.37 Valores medios de los parámetros obtenidos en la explotación piloto 2016/2021 (Elaboración propia, 2022)…….……. 166
Tabla 5.38 Beneficio en términos reales en Rustam Fayz 2016/2021 (Elaboración propia, 2022)…… 167
Tabla 5.39 Objetivo Escenario 1 (Elaboración propia, 2022)…… 167
Tabla 5.40 Volumen de agua Escenario 1 (Elaboración propia, 2022)……. 168
Tabla 5.41 Beneficios medios Escenario 1 (Elaboración propia, 2022)…… 168
Tabla 5.42 Objetivo Escenario 2 (Elaboración propia, 2022)……..……. 169
Tabla 5.43 Volumen de agua Escenario 2 (Elaboración propia, 2022).…… 169
Tabla 5.44 Beneficios medios Escenario 2 (Elaboración propia, 2022)…… 170
Tabla 5.45 Objetivo Escenario 3 (Elaboración propia, 2022)…… 170
Tabla 5.46 Volumen de agua Escenario 3 (Elaboración propia, 2022)……. 170
Tabla 5.47 Beneficios medios Escenario 3 (Elaboración propia, 2022)…… 171

USC UNIVERSIDADE DE SANTIAGO DE COMPOSTELA

RESUMEN

Uzbekistán es una joven república con una estructura económica fuertemente condicionada por su histórica dependencia de la antigua Unión Soviética. Una vez que, a partir de 1940, la URSS decidiese convertir Asia Central en el principal productor mundial de algodón, se abandonó en la región el cultivo de todos los demás productos agrícolas. Al alcanzar la independencia, en 1991, cesa el flujo de bienes soviéticos hacia la República de Uzbekistán y el país afronta la necesidad de diversificar su economía y su agricultura.

El marco actual está definido por el cambio climático, a nivel global, y el nuevo contexto de liberalización en la producción agraria, a nivel local. El marco donde se desarrolla la actividad agraria en Uzbekistán se caracteriza por cambios importantes en la estructura productiva y en la tenencia de la tierra, la intensificación de los problemas medioambientales que se materializan principalmente en la desertificación del Mar de Aral y en la salinización de parte de las tierras de regadío, el significativo aumento de la demanda de productos agrarios por una población con altas tasas de crecimiento y el desarrollo de nuevos sectores económicos que requieren recursos hídricos adicionales.

La agricultura que se practica en esta región es exclusivamente agricultura de regadío, dada la escasez de las precipitaciones, y el cultivo más importante, en extensión y en importancia histórica y socioeconómica, es el algodón. A pesar de los esfuerzos gubernamentales por reducir la superficie destinada al cultivo del algodón en favor de otros productos, no disminuyó el consumo de agua dedicada al regadío ni se redujeron las inversiones y los gastos vinculados a la infraestructura necesaria para la gestión del agua en la agricultura.

Con el objeto de evaluar la eficiencia económica en el uso de agua en la producción de algodón, durante el periodo 2016 al 2021 se tomaron datos de campo relativos al consumo de agua y de inputs consumido en una explotación agrícola en la que en 2019 se realizó la modernización del sistema de riego. Teniendo en cuenta la importancia de la gestión del agua en este territorio y la apuesta del gobierno uzbeko por la adopción del riego localizado como una de las medidas de mayor alcance en la modernización del sector agrícola, nos planteamos buscar elementos que puedan valorar esta decisión. Mediante la caracterización del riego por inundación realizado en el periodo 2016/2018 y del riego localizado en el periodo 2019/21 se pretende definir la eficiencia en el uso del agua y relacionarla con la intensidad anual en inputs y las producciones anuales de algodón obtenidas. Además, a partir de la información obtenida, nos interesa cuantificar el volumen de recursos hídricos destinado al cultivo de riego de algodón en la provincia de Bujará (Uzbekistán).

USC
UNIVERSIDADE DE SANTIAGO DE COMPOSTELA

USC
UNIVERSIDADE
DE SANTIAGO
DE COMPOSTELA

REZYUME

O‘zbekiston iqtisodiy tizimi asosan, sobiq Sovet Ittifoqiga tarixan bog‘langan yosh respublika hisoblanadi. 1940-yildan keyin SSSR O‘rta Osiyo dunyoning yetakchi paxta ishlab chiqaruvchi mintaqasi bo‘lishi haqida qaror qabul qilganidan so‘ng, mintaqada boshqa qishloq xo‘jaligi mahsulotlarini yetishtirish to‘xtatilib, faqat paxta yetishtirishga kirishildi. 1991-yilda O‘zbekiston mustaqillikka erishgandan so‘ng, sobiq Ittifoq tovarlarining O‘zbekiston Respublikasiga kirib kelishi to‘xtadi hamda mamlakatda iqtisodiyot va qishloq xo‘jaligini diversifikatsiya qilishga ehtiyoj paydo bo‘ldi.

Dunyo miqyosida global iqlim o‘zgarishining oldini olish qishloq xo‘jaligini mahalliy darajada erkinlashtirishning yangi yo‘nalishi bilan belgilanadi. O‘zbekistonda qishloq xo‘jaligi faoliyatini amalga oshirish uchun sharoit yaratish va yerdan unumli foydalanish bo‘yicha muhim o‘zgarishlar, asosan, Orol dengizining qurishi va sug‘oriladigan yerlarning asosiy qismining sho‘rlanishida namoyon bo‘ladigan ekologik muammolarning kuchayishi, aholi sonining yuqori sur’atlarda o‘sishi, qishloq xo‘jaligi mahsulotlariga bo‘lgan talabning sezilarli darajada ortishi va qo‘shimcha suv resurslarini talab qiladigan iqtisodiyotning yangi tarmoqlarini rivojlantirish bilan belgilanadi.

Ushbu mintaqaning qishloq xo‘jaligi sohasi faqat sug‘orma dehqonchilikka asoslanadi, hududda yog‘ingarchilik miqdori oz hamda paxta tarixan va ijtimoiy-iqtisodiy jihatdan eng muhim qishloq xo‘jaligi ekini hisoblanadi. Hukumatning paxta yetishtirish uchun ajratilgan maydonlarni boshqa mahsulotlar hisobiga kamaytirishga qaratilgan sa’y-harakatlariga qaramasdan, sug‘orish uchun mo‘ljallangan suv iste’moli kamaymadi, chunki bu mintaqada suv resurslarini boshqarish uchun zarur bo‘lgan infratuzilma bilan bog‘liq investitsiyalar miqdori o‘smayapti.

Paxtachilikda suv resurslaridan foydalanishning iqtisodiy samaradorligini hisoblash uchun 2016-2021-yillarda sohaga sarflangan suv miqdori tahlil qilindi va 2019-yilda sug‘orish tizimini modernizatsiya qilish yuzasidan tadqiqotlar o‘tkazildi. Ushbu hududda suv resurslarini boshqarish hukumat darajasida muhim deb qaralayotgan va yechimi mahalliy sug‘orish tizimlarini modernizatsiya qilish davom etayotgan bir paytda biz ham ushbu muammoga yechim izlashni o‘z oldimizga maqsad qilib qo‘ydik. Ilmiy tadqiqot ishimizda 2016-2018-yillarda paxtachilikda qo‘llanilgan ko‘llatib sug‘orish va 2019-2021-yillarda foydalanilgan zamonaviy usuldagi sug‘orish tizimlari o‘zaro taqqoslanib, yetishtirilgan paxta mahsuloti tannarxida suv xarajatlarini kamaytirish usullari ko‘rsatib berildi. Bundan tashqari, olingan ma’lumotlarga asoslanib, Buxoro viloyati (O‘zbekiston) paxtachiligida foydalanilgan suv resurslari miqdori iqtisodiy jihatdan tahlil qilindi.

USC
UNIVERSIDADE DE SANTIAGO DE COMPOSTELA

USC
UNIVERSIDADE
DE SANTIAGO
DE COMPOSTELA

ABSTRACT

Uzbekistan is a young republic with an economic structure strongly conditioned by its historical dependence on the former Soviet Union. From 1940 onwards, the USSR decided to make Central Asia the world's leading producer of cotton. The cultivation of all other agricultural products was abandoned in the region. On independence in 1991, the flow of Soviet goods to Uzbekistan ceased. The country is faced with the need to diversify its economy and agriculture.

The current framework is defined by climate change at the global level and the new context of liberalisation of agricultural production at the local level. The framework for agricultural activity in Uzbekistan is characterised by major changes in the structure of production and land tenure, the intensification of environmental problems, mainly in the form of the desertification of the Aral Sea and the salinisation of part of the irrigated land, the significant increase in demand for agricultural products by a population with high growth rates and the development of new economic sectors that require additional water resources.

The agriculture practised in this region is exclusively irrigated agriculture, given the scarcity of rainfall. The most important crop, in terms of area and historical and socio-economic importance, is cotton. Despite government efforts to reduce the area under cotton cultivation in favour of other crops, there has been no reduction in water consumption for irrigation, nor has there been a reduction in investment and expenditure on the infrastructure required for agricultural water management.

In order to assess the economic efficiency of water use in cotton production, field data on water consumption and inputs consumed on a farm where the irrigation system was modernised in 2019 were collected during the period 2016 to 2021. Taking into account the importance of water management in this territory and the Uzbek government's commitment to the adoption of localised irrigation as one of the most far-reaching measures in the modernisation of the agricultural sector, we set out to find elements that could assess this decision. By characterising the flood irrigation carried out in the 2016/2018 period and the localised irrigation in the 2019/21 period, we aim to define the efficiency of water use and relate it to the annual intensity of inputs and the annual cotton yields obtained. In addition, based on the information obtained, we are interested in quantifying the volume of water resources used for cotton irrigation in the province of Bukhara (Uzbekistan).

USC
UNIVERSIDADE
DE SANTIAGO
DE COMPOSTELA

USC
UNIVERSIDADE
DE SANTIAGO
DE COMPOSTELA

1. INTRODUCCIÓN

A través del estudio de la historia de los pueblos se puede llegar a comprender como diferentes civilizaciones llegaron al desarrollo de culturas hídricas muy avanzadas (Neira y Neira, 2021) lo que según Mirzaev (1996) permitió establecer conceptos tales como que el agua es "amiga de la comunidad" o en muchos otros casos, "enemiga de la comunidad". Según Bouwer (2002), el acceso al agua se ha convertido desde la más remota antigüedad en una fuente de poder o en la manzana de la discordia que ha originado grandes conflictos regionales y locales.

El agua efectivamente fue, es y seguirá siendo, una fuente de poder, así como un elemento susceptible de generar conflictos entre países, departamentos, provincias, ciudades, e incluso barrios de la misma población (Marín y otros, 2010). También es evidente que gracias al desarrollo del conocimiento en el área de las ciencias del agua se puede observar con mucha claridad qué continentes están más expuestos a posibles conflictos en función de su elevada población y su disponibilidad del recurso hídrico.

La cantidad global de agua utilizable en el planeta para todos los usos (agrícola, industrial, doméstico) se cuantifica en unos 40.000 km^3 anuales, que caen en forma de precipitación líquida y sólida y que es la que se denomina agua azul (FAOSTAT, 2020).

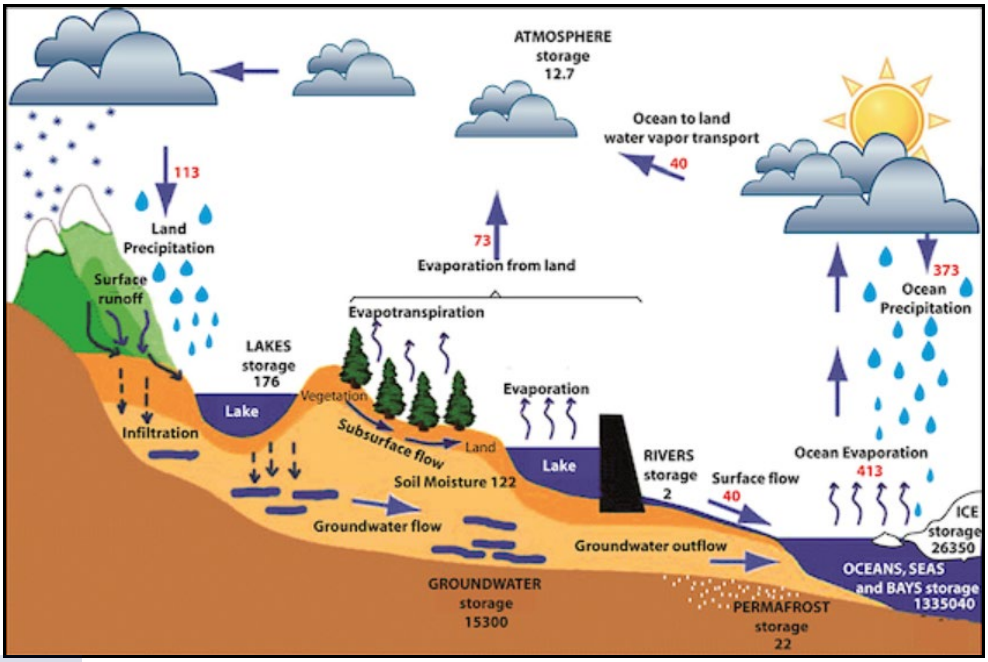


Figura 1.1 El ciclo hidrológico. Estimaciones de los principales depósitos de agua observados (números negros, en 10^3 km^3) y del flujo de humedad a través del sistema (números rojos, en 10^3 km^3 anuales) (Gimeno y otros, 2012)

USC UNIVERSIDADE DE SANTIAGO DE COMPOSTELA

De este gran volumen, una parte se utiliza en satisfacer las necesidades de los cultivos de forma natural, sin necesidad de acondicionamientos artificiales para suministrar agua a los cultivos y poder producir alimentos, y es la llamada agua verde, que, según las mismas

estimaciones, es la que se utiliza para regar el 60% de la producción agrícola mundial. Para la agricultura de regadío, que supone el 40% restante de la producción agrícola mundial, se utilizan generalmente los cursos de agua en superficie y las aguas subterráneas. En las zonas climáticas áridas y semi-áridas el regadío es el único tipo de agricultura que se puede practicar, ya que las precipitaciones son insuficientes para cultivar sin recurrir a un aporte de agua de riego.

El incremento en el déficit de un recurso natural como el agua, con una demanda que puede ser en el futuro mayor que la correspondiente al petróleo y al gas natural, se ha convertido ya en una realidad en muchas partes del interior de Eurasia. Asia Central no ha disfrutado de un superávit en agua desde hace ya bastante tiempo (Groll y otros, 2015). El problema el agua se está cargando cada vez más de significado geopolítico, afectando directamente a los demás usos. Preocupado por esta problemática, en el año 2010 y para la Obtención del Diploma de Estudios Avanzados de la Universidad de Santiago de Compostela, defendí el Trabajo de Investigación Tutorado titulado "*Gestión del Agua en el cultivo del algodón en Asia Central: el caso de la región de Bujará (Uzbekistán)*". Este estudio, dirigido por el catedrático Carlos J. Álvarez y el profesor Tomás S. Cuesta, representó mi primer acercamiento científico a esta cuestión y me facilitó iniciar la toma de datos en campo que finalmente dan lugar a esta tesis doctoral después de un largo camino.

1.1. EL AGUA EN LA HISTORIA DE ASIA CENTRAL: GESTIÓN Y APROVECHAMIENTO

El agua es un recurso escaso y fundamental en la vida de los seres vivos y en la actividad económica de cualquier región, especialmente en las zonas áridas. En la disponibilidad de este activo natural cada vez nos preocupa en mayor medida su calidad además de su cantidad (Giese y Sehring, 2007). Por ello se hace necesaria la gestión de todas las aguas disponibles, buscando mantener la cantidad y conservar o mejorar la calidad.

Según Gleick (2000), la gestión integral del agua persigue dar una respuesta a los problemas derivados del uso del recurso hídrico. Para ello, la gestión del agua debe promover un uso eficiente para alcanzar la sostenibilidad social, económica y la protección ambiental como factores clave (Cuesta y otros, 2005). Además, la gestión sostenible del agua debe alcanzar dos objetivos de forma simultánea: mantener la agricultura de regadío y preservar el ambiente natural asociado. Según Abdullaev y Rakhmatullaev (2015), los conflictos potenciales entre estos dos objetivos deben ser atenuados con prácticas de riego adecuadas y mediante la cooperación transfronteriza en la región.

Los usos agrarios del agua son conocidos desde la antigüedad en Asia Central y han representado un instrumento eficaz en los primeros asentamientos importantes de población sobre las riberas de los ríos y canales y en la colonización interior en etapas posteriores (Saiko y Zonn, 1994). La aparición de la agricultura en esta región asiática se presenta íntimamente asociada al riego como una nueva forma de aprovechamiento hídrico.

La generalización del uso de esclavos como mano de obra en las sociedades por los estados existentes en Asia Central permitió el desarrollo de la agricultura en la región (Bartold, 1925). Este hecho fue clave para permitir el desarrollo de una avanzada agricultura de regadío, con la construcción de grandes redes de riego en la parte superior del río Amu Darya, a partir el siglo II a C, en el oasis de Zarafshan, en la antigua Sogdiana y la región del Khorezm. Según Askarov (1981), los logros en el campo del riego en la región de Asia Central han establecido un ejemplo para otros países y han estimulado su desarrollo. La red de riego establecida a partir del río Murgab, en funcionamiento en los siglos VI y VIII, sentó las bases técnicas para el riego de las tierras de Basna, actual India, para los árabes. El oasis de

Khorezm, a los pies del río Amu Darya, es uno de los primeros en el mundo en aplicar técnicas de riego en la agricultura (Tolstov, 1951).

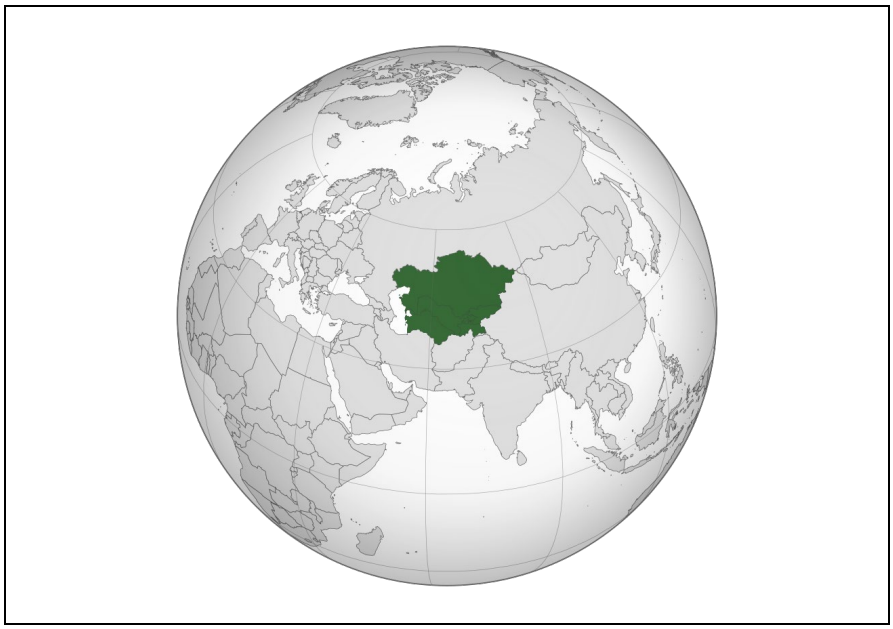


Figura 1.2 Localización de Asia Central en el mundo (Wikipedia, 2022)

Según conocidos historiadores y arqueólogos (Bartold, 1925; Yakubovsky y Nekrasov, 1930; Tolstov, 1958; Gulyamov, 1979), existen indicios de que ya en el 2º milenio a C se construían canales de riego en la región. El cultivo de estas tierras comenzó en principio gracias a las aguas del río de Amu Darya, y luego extrayendo agua de otras corrientes naturales. En los primeros siglos de nuestra era, la agricultura y la cultura se desarrollaron en el oasis del Khorezm, época durante la que se desarrollaron las tierras pertenecientes a las cuencas del río Daryol y de algunos afluentes del río Amu Darya, como el río Daudan.

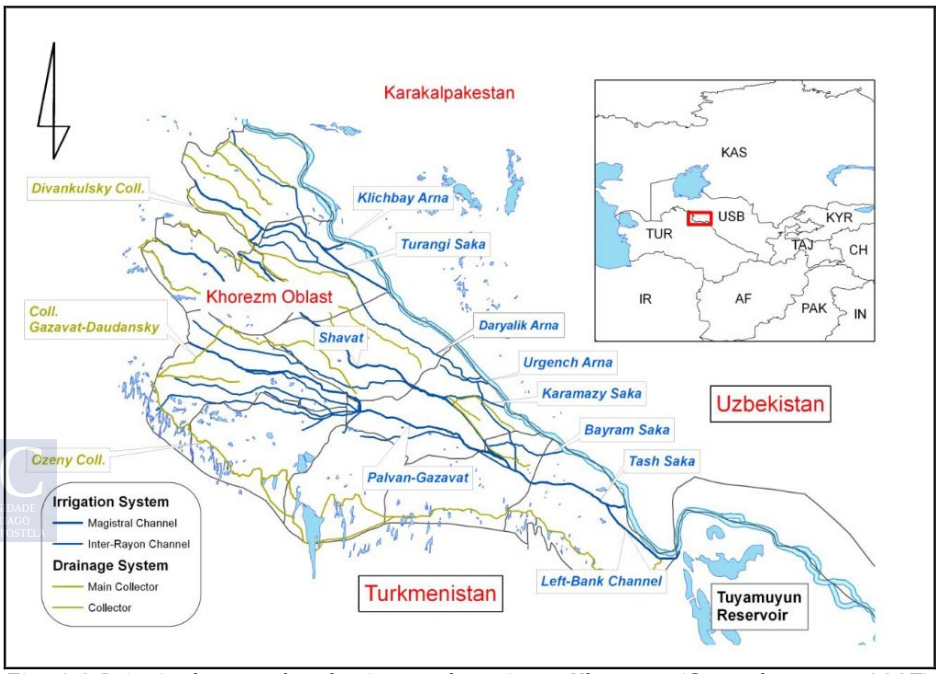


Fig. 1.3 Principales canales de riego y drenaje en Khorezm (Conrad y otros, 2007)

La introducción de un sistema de gestión de suelos en dos niveles diferentes en cuanto a la intensidad de la explotación en el oasis de Khorezm representa un avance significativo en las técnicas de riego (Gulyamov, 1979). En el año 138 a C, el viajero chino Zhang Qian escribió que existían 70 ciudades en el valle de Ferganá con una población de 300.000 habitantes (Tolstov, 1962). Este esplendor se conserva hasta el siglo III, con una producción en regadío de cereales, arroz, viña y otros cultivos. Tanto es así que los visitantes chinos llamaron al país "Kanguy", que significa "tierra de canales". De esta época, y durante el Imperio gaznávida, data la construcción del canal Tuprak Kala y del canal Oeste de Qiyat, y de la expansión de las tierras de regadío gracias al canal Chermen (Munis y Agahi, 1999). Además, la agricultura de regadío revivió en los oasis alrededor de los canales Guldursun y Burgutkala.

Según historiadores griegos (Yakubovsky y Nekrasov, 1930), entre los siglos III y II a C, se construyeron grandes canales alrededor de lo que hoy es la ciudad de Tashkent. El Shosh, oasis de Tashkent, con una extensión cercana a las 50 hectáreas estaba densamente poblado y cubierto de huertos y viñedos (Tolstov, 1962). Algunos de estos pequeños núcleos de población aún se conservan en la actualidad, por ejemplo, Biskent (Pskent), Ferkent (Parkent) o Zarekent (Zarkent). De otros, como Campirdevol y Bozsuv, solo han sobrevivido sus huellas hasta nuestros días. Algunos canales antiguos, como Zach y Solor, todavía hoy se denominan por sus antiguos nombres.

Durante los siglos VI a VIII a C, la sociedad en Asia Central se organizó en sucesivas organizaciones territoriales como Khorezm, Sogdiana o Tokharistan. En cuanto a la consolidación del regadío, destaca el estado sasánida (226-651 a C) que se estableció al pie del río Surkhandarya, cauce tributario del Amu Darya. Durante este período, se produjo un gran desarrollo de la actividad agrícola y de las técnicas de riego (Gulyamov, 1979) y se construyeron grandes canales subterráneos dotados de pequeñas derivaciones.

En el valle de Ferganá se desarrolló una fuerte cultura agrícola gracias al sistema de canales de Chat Kala y de los pequeños canales del Kara Darya que desembocan en el río Norin. Se construyeron ciudades y pueblos en las márgenes de los canales: en Kosonsoy, Akhsikent (Kosonsoy), Margilan (Margilansay), Khojand o en Osh (Akbora). Los árabes que conquistaron Asia Central en el siglo VIII fueron testigos del desarrollo alcanzado gracias a estas redes de riego. Tanto es así que regantes locales fueron llevados a otros lugares de dominio árabe como expertos o técnicos para construir canales y redes de riego (Askarov, 1981).

Durante el califato árabe, los tahiridas, a finales del siglo IX, se establecieron al norte de Irán, en Khorasan, y los samaníes, en el siglo X, en Movarounnahr, entre el cauce del Amu Darya y el Sir Darya. Durante estos períodos, los sistemas de riego, que se encontraban abandonados y en decadencia, fueron reconstruidos y la agricultura de regadío floreció. En el siglo IX en Gurganj, denominación antigua de la actual capital de Khorezm, Urgench, situada en los tramos más bajos del Amu Darya, comenzó nuevamente el desarrollo del riego. Se construyeron nuevos canales como los de Shavat (Shohobod) y Buva (Tolstov, 1962). En el siglo X se ejecutaron nuevas infraestructuras, concretamente dos canales en la orilla izquierda del Amu Darya a partir de un azud en el canal Haykanas (Khiva). En los siglos XII y XIII en Khorezm se reorganizó el sistema de riego centralizando la distribución y el canal de Ghaznabad se extendió a Shohsanam.

Durante los siguientes tres siglos, Asia Central se dividió en pequeños kanatos, y la vida económica y social de la población estuvo en crisis debido a las guerras civiles. Las instalaciones de riego sufrieron grandes daños y la agricultura sufrió un fuerte declive (Abdullaev y otros, 2009).

En la segunda mitad del siglo XIX el riego se extiende nuevamente al menos desde el período de ocupación por la Rusia zarista (Dzhabbarov, 2005). La conquista de Asia Central por parte del Imperio ruso duró algo más dos siglos, aunque no siempre se acometiera con el mismo interés ni, consiguientemente, con el mismo ímpetu. Esta conquista se consideró finalizada después de la toma de Tashkent (actual capital de Uzbekistán) en 1865, Samarcanda en 1868 y Khiva en 1873.

Sin embargo, la red de riego actual se desarrolló principalmente en el período de la URSS con el objetivo de aumentar la producción de algodón en la región (Teichmann, 2007). Las inversiones iniciales en las décadas de 1920 y 1930 fueron bajas y tuvieron como objetivo la descolonización y la construcción de la nación. La transformación de las prácticas de distribución del agua desempeñó un papel central en la transición al socialismo.

En 1939 comenzaron las inversiones a gran escala, después de que la URSS adoptase medidas para incrementar el cultivo de algodón en Uzbekistán (Zonn, 1999). La expansión principal de las infraestructuras de riego en el Khorezm tuvo lugar en el período comprendido entre los años cincuenta y ochenta, y se expresó a través de la planificación central, las cuotas de producción y las promesas de entrega (Obertreis, 2007).

Según Rahimov y Yavmutov (2019), la gestión del agua de Uzbekistán se enfrenta actualmente a nuevos desafíos. Estos retos son el cambio climático, el aumento de la demanda de alimentos debido al incremento de la población y de los ingresos reales, y el desarrollo de nuevas áreas industriales y urbanas que requieren recursos hídricos adicionales. El precio de las tierras de regadío está creciendo en Uzbekistán y en todo el mundo. La tierra regada cubre el 14% de la tierra cultivable del mundo y alimenta a la mitad de la población mundial. En Uzbekistán, solo el 4,6% de la tierra cultivable se riega, pero produce el 98% de los productos agrícolas.

1.2. Conflicto en el uso del agua en Asia Central

Podemos afirmar que el agua constituye un activo indispensable para garantizar no sólo la vida de los seres vivos sino también cualquier actividad económica de todas las sociedades que se han desarrollado a lo largo de nuestra historia. La disponibilidad de agua, y sobre todo su accesibilidad, explican las diferencias sociales y culturales en la organización, equidad y desarrollo de los grupos humanos en las distintas áreas del mundo. Si nos centramos en la cuenca del Mar de Aral, el agua, además de imprescindible para permitir la vida, también es un recurso indispensable en el desarrollo de la agricultura, de la ganadería y de la pesca asociada a lagos y ríos dada la escasa pluviometría registrada. En grandes extensiones de esta cuenca, especialmente en el área que nos ocupa, el riego representa una herramienta vital para la obtención de productos agrarios. Las condiciones de temperatura y precipitación hacen que no sea posible otra agricultura que no sea la agricultura de regadío recurriendo a los cauces fluviales y a las aguas subterráneas.

Está agricultura de regadío, desde la primera mitad del siglo XX, permitió la puesta en producción, primero por Rusia y después por la URSS, de grandes extensiones de terreno. De esta forma, la región de Asia Central se caracterizó tradicionalmente por su función de proveedora de materias primas (Forkutsa y otros, 2009) destinadas a las industrias de transformación de otros territorios y a la exportación. La extensión del monocultivo de algodón exigió, en la época soviética, la construcción de unas infraestructuras hidráulicas condicionadas a ese único objetivo, lo que creó una estructura altamente dependiente de la cuenca del mar de Aral y de sus ríos tributarios (Rahimov y Abdughaniyev, 2009).

Figura 1.4 Localización de los países de Asia Central (United Nations, 2020)

El consumo indiscriminado de agua generó en la década de los años 60 del siglo XX la desecación del Mar de Aral, uno de los elementos esenciales para mantener y regular el balance natural y climático de la región (Rahimov y otros, 2010). Según estudios del World Bank (2013), paralelamente a la pérdida del Mar de Aral, y agravado por las consecuencias del cambio climático, se está produciendo un desequilibrio muy importante en las zonas de formación de la cabecera de los ríos Amu Darya y Sir Darya, donde se ha constatado la perdida de las reservas de los glaciares a partir de 1957.

Tradicionalmente, en Asia Central la relación en cuanto a aspectos jurídicos y económicos entre las distintas regiones relativas a la planificación hidráulica se caracteriza por su bajo nivel en cuanto a la cooperación transfronteriza (Vea, 2004).

La situación actual de la gestión del agua en la región es paradójica. El volumen de recursos hídricos parece suficiente para las necesidades y, al mismo tiempo, se manifiesta una significativa escasez del mismo (Cai y otros, 2003) entendiendo que la escasez representa una situación permanente de déficit en relación con la demanda de agua en un sistema de recursos de ámbito regional. El sistema se caracteriza por un clima árido o por un rápido crecimiento de las demandas consuntivas.

Teniendo en cuenta que entre 1960 y 2000 la superficie irrigada Asia Central ha aumentado en un 65% y que la población ha crecido desde los 14 millones hasta los 50 millones de habitantes, resulta fácil comprender el aumento de la necesidad del agua desde 60 km^3 hasta 120 km^3 por año (MAWR, 2020).

Según Abdullaev y Rakhmatullaev (2015) este incremento se tradujo en una presión por el uso del agua, no solo entre distintas regiones, sino también entre diferentes sectores de la sociedad (uso doméstico, industrial, servicios y energía).

Tabla 1.1 Uso los recursos hídricos en la cuenca del Mar de Aral (Rahimov y Abdughaniyev, 2009)

Índice	Unidades	1960	1970	1980	1990	2004
Población	10^6 personas	14,6	20,3	26,8	33,6	43,8
Superficie en regadío	10^3 hectáreas	4.510	5.150	6.920	7.600	8.120
Superficie regada por habitante	hectárea/persona	0,31	0,27	0,26	0,23	0,18
Consumo total	Km^3/año	60,61	94,56	120,69	116,27	102,0
Consumo agrícola	Km^3/año	56,15	86,84	106,79	106,4	93,0
Consumo agrícola por hectárea	m^3/ha	12.450	16.860	15.430	14.000	11.450
Consumo per cápita	m^3/persona y año	4.270	4.730	4.500	3.460	2.120

En Uzbekistán la agricultura depende directamente de la posibilidad del realizar el riego ya que el 98 % de los productos rurales provienen de la agricultura de regadío (MAWR, 2020). Del total del agua consumida anualmente en este país, 60 km^3, el 90% se destina a la agricultura. En este contexto, es importante resaltar que sólo entre el 10 y el 12% de los recursos hídricos consumidos tiene su origen en el territorio de Uzbekistán, el restante 88-90% procede de regiones limítrofes fuera de las fronteras nacionales (Vea, 2004).

Esta realidad explica la existencia de la necesidad de una normativa en Uzbekistán que persiga el ahorro del agua, aunque en la práctica no se consigan resultados significativos. La existencia de este problema de la economía del agua en Uzbekistán se remonta a hace más de mil años relacionado con las condiciones climáticas y ecológicas de esta región y con el aumento paulatino de la calidad de vida de la población (Mirzaev, 1996).

La planificación hídrica actual existente en Uzbekistán requiere importantes ajustes y una fuerte reorganización (Wegerich, 2004). Un claro ejemplo es la baja eficiencia en el uso del agua en la agricultura donde se consume el 90% de los recursos disponibles y apenas se alcanza a satisfacer las necesidades hídricas de los cultivos. Según diferentes autores (Horst y otros, 2005; Pereira y otros, 2002) solo el 40% del agua empleada en la región para riego resulta aplicada a los cultivos, otro 40% son pérdidas en la red de distribución del agua de riego y el 20% restante se pierde por evaporación.

En el conjunto de la superficie destinada a regadío, donde se emplea mayormente el riego por superficie o inundación, existen cerca de 28 mil km de canales que constituyen las redes principales. Del total, únicamente 9 mil km están protegidos y revestidos con hormigón para que evitar pérdidas por infiltración. El resto de la red, incluyendo los canales secundarios y acequias, está formada por canales en tierra con unas pérdidas por infiltración estimadas en más de 4 mil millones m^3 de agua cada año (30-35%) por el Ministerio Agricultura y de Recursos Hídricos de la República de Uzbekistán (MAWR, 2020). Con estos números no sorprende que el coeficiente global de rendimiento del sistema de irrigación sea tal solo del 0,58% según las mismas fuentes.

Un elemento de tensión regional es la gestión de los recursos hídricos en una cuenca, la del Mar de Aral, compartida por diferentes estados. Kirguizistán, Uzbekistán, Tayikistán y Kazajistán comparten la cuenca del rio Sir Darya, mientras Tayikistán, Turkmenistán, Uzbekistán, Kazajistán y Kirguizistán, además de Afganistán y de la República Islámica de Irá,n comparten la cuenca del rio Amu Darya.

Ante este problema de gestión del agua en la región, es necesario buscar fórmulas para la toma de decisiones conjuntas entre los gobiernos de los cinco países vecinos de Asia Central que comparten la cuenca (Raadgever y Mostert, 2015). Después de obtener la Independencia de la Unión Soviética en 1991, los países de Asia Central crearon un nuevo sistema para la distribución de los recursos hídricos. Con este objetivo, se firma un Acuerdo el 12 de septiembre de 1992, en el cual las partes declaran que la gestión conjunta de los recursos hídricos se llevará a cabo de acuerdo con los principios de igualdad y beneficio mutuo

(Sokolov, 2019). De esta forma se constituye el "International Fund for Saving the Aral Sea" (IFAS), a iniciativa de los jefes de Estado de los 5 países que forman Asia Central con el fin de mejorar la situación social y económica y ecológica en la cuenca del Mar de Aral.

Otro elemento importante en el conflicto de intereses en la gestión regional del uso del agua se refiere a la utilización de los recursos hídricos y a las asignaciones de los caudales entre los países situados aguas abajo y los situados aguas arriba. Aunque Kazajistán y Uzbekistán, situados aguas abajo, cuentan con reservas de gas, petróleo y uranio, son deficitarios en recursos hídricos.

Por el contrario, Kirguizistán y Tayikistán, situados aguas arriba, son Estados deficitarios en gas y petróleo, pero cuentan con importantes reservas de agua y con una alta capacidad para la producción de energía hidroeléctrica.

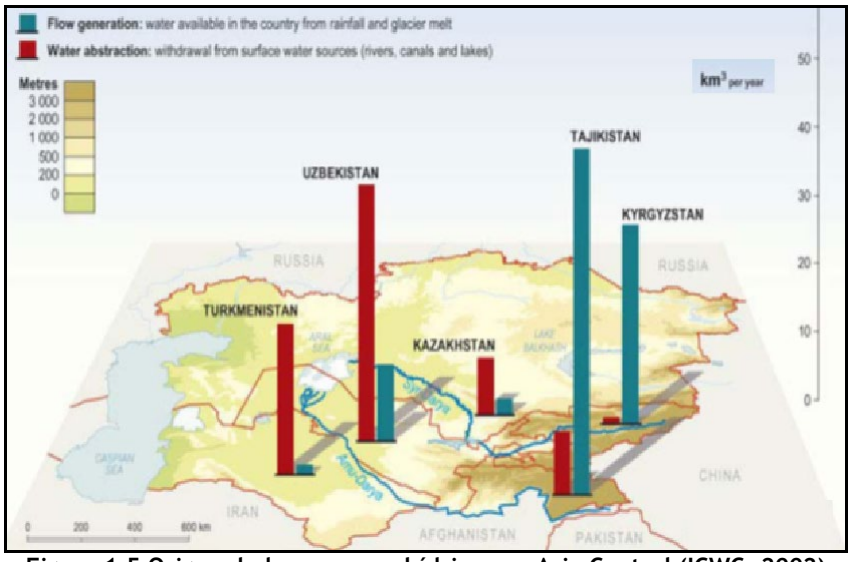


Figura 1.5 Origen de los recursos hídricos en Asia Central (ICWC, 2002)

Estas presiones se hicieron patentes, a principios de 2007, con el interés de Rusia, y de empresas rusas, por participar en los proyectos de construcción de grandes centrales hidroeléctricas en Tayikistán y Kirguizistán frente a los recelos e intereses de Uzbekistán (Abdullaev y Rakhmatullaev, 2015). Los presidentes de los cinco Estados que conforman Asia Central intentaron buscar una situación de equilibro entre los "países productores de agua" que controlan los nacimientos de los ríos Amu Darya y Sir Darya (Tayikistán, Kirguizistán), y los países "consumidores de agua" con una dependencia crítica de estos flujos y situados corriente abajo (Kazajistán, Uzbekistán y Turkmenistán).

En este marco, resulta especialmente singular la situación de Uzbekistán, con la mayor población entre sus países vecinos y dónde, aproximadamente, dos tercios del total de esta población uzbeca, reside en áreas rurales con una economía agrícola. Esta situación provoca una gran dependencia del suministro de agua desde los países situados "corriente arriba". Las autoridades tayikas son conscientes del potencial del suministro de agua como herramienta de presión económica y política sobre sus vecinos. En cambio, la construcción de centrales hidroeléctricas es esencial para los países "corriente arriba" de Asia Central ya que, los principales proveedores de electricidad en Kazajistán y Uzbekistán son las centrales hidroeléctricas. Sus reservas de agua son necesarias para regar los campos de los países "corriente abajo" en verano, y para la producción de electricidad en invierno en los países "corriente arriba" (Raadgever y Mostert, 2015).

Estas contradicciones se agravaron de forma significativa tras la desintegración de la Unión Soviética, cuando las antiguas repúblicas ricas en petróleo y gas (Turkmenistán y Uzbekistán) empezaron a vender estos recursos naturales a precio de mercado, mientras que los nuevos estados independientes eran incapaces de comprar esta energía en cantidad suficiente a precio de mercado. La respuesta fue el incremento de la producción eléctrica en invierno, cuya capacidad es, en cualquier caso, críticamente insuficiente. Para incrementar la producción Kirguizistán y Tayikistán recurrieron a la construcción de nuevas centrales eléctricas para superar el déficit de electricidad y poder vendérsela a los países vecinos. Estos proyectos levantaron rápidamente los recelos en los países situados aguas abajo y dependientes del agua para su economía agrícola, especialmente Uzbekistán (Rahimov y otros, 2010).

1.3. IMPORTANCIA DEL CULTIVO DEL ALGODÓN EN UZBEKISTÁN

Un elemento que afectó de forma notable a la historia de Uzbekistán en los años 1960-1980 fue el desarrollo intensivo del cultivo de algodón, ordenado por Moscú en el marco de la especialización productiva de las repúblicas soviéticas (Sievers, 2001).

Según Forkutsa y otros (2009), la planificación soviética se marcó como objetivo producir seis millones de toneladas del llamado "oro blanco" uzbeko. Este desarrollo desenfrenado, unido a un empeoramiento en las condiciones de las tierras cultivables, tuvo un fuerte impacto sobre las condiciones medioambientales de la región. El uso desproporcionado de abonos químicos y de defoliantes contaminó la tierra y las aguas (Abdullaev, 2002), aumentó alarmantemente la salinidad de los suelos irrigados (Shirokova y otros, 2000; Lerman, 2008) y la extracción acelerada de los recursos de los ríos Amu Darya y Sir Darya produjo un descenso del volumen del Mar de Aral (Peachey, 2004; Sokolov, 2019), lugar de desembocadura natural de estos ríos, que en cuarenta años pasó a tener la mitad de su superficie.

El algodón es la planta textil de fibra suave más importante del mundo y su cultivo es de los más antiguos. En un principio la palabra algodón significaba tejido fino y fue el primer textil en utilizarse en la India (Lee y Fang, 2015). Los primeros documentos escritos sobre el algodón son textos hindúes, himnos que datan 1.500 años a C y libros religiosos de 800 años a C. Los vestigios más antiguos de productos fabricados con algodón datan de unos 3.000 años a C. Eran fragmentos de tejidos muy elaborados procedentes de la región norte de la costa peruana y también se encuentran fibras y tejidos en los países orientales datados a partir del año 800. Los árabes propagaron el uso del algodón en los países mediterráneos y ese fue el origen de la industria del algodón en la zona de Barcelona (España).

En el siglo XV el comercio británico comenzó a desarrollarse y, ya en el siglo XVII, Inglaterra se convirtió en un centro importante de producción de algodón (Filatotchev y Toms, 2003). En Estados Unidos el algodón se introdujo en el siglo XVIII y provenía de las regiones meridionales de América. A esta época y país corresponde una gran mejora del cultivo.

Según los últimos informes de la OCDE/FAO (2020), el consumo y el comercio de algodón experimento un descenso brusco en 2019 y una recuperación en 2020, aunque la producción cayó a niveles no alcanzados desde 2016. Los precios del algodón se incrementaron y se espera que el consumo industrial mundial de algodón crezca ligeramente de una forma más rápida que la población mundial. Se prevé que la producción mundial de algodón aumentará un 1,5% anual, para sumar casi 28 millones de toneladas en 2030. Este crecimiento provendrá de la expansión de la superficie sembrada de algodón (0,5% anual) y del incremento de los rendimientos mundiales promedio (1% anual).

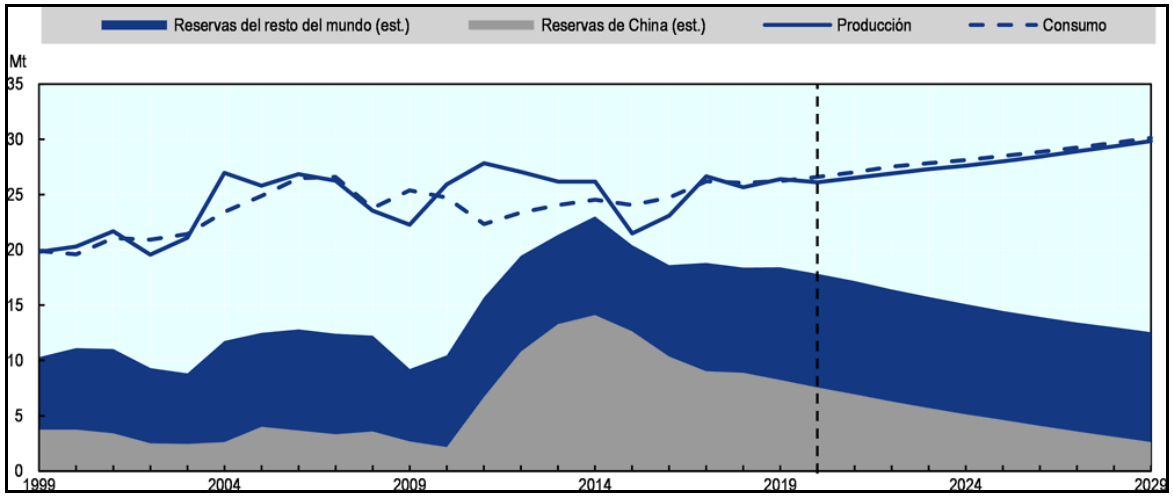


Figura 1.6 Producción, consumo y reservas mundiales de algodón (OCDE/FAO, 2020)

Estas previsiones podrían no cumplirse dadas las últimas circunstancias vividas en nuestro mundo que han demostrado la fragilidad de los mercados agrícolas. Según el Informe Cambio Climático 2022 del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC, 2022), la pandemia de COVID-19 y el cambio climático están ejerciendo presión sobre la agricultura en todo el mundo. Las amenazas a la seguridad alimentaria y a la nutrición derivadas de las sequías, inundaciones y olas de calor, especialmente a las regiones vulnerables, acrecientan la necesidad de cultivar otros productos como los cereales. Esta situación se ha visto agravada en 2022 por los actuales problemas en el mercado mundial de trigo.

La producción mundial de algodón crudo ha ido aumentando hasta 2018, cuando alcanzó los 26 millones de toneladas (FAOSTAT, 2020). Para la campaña 2021/2022 se prevé una producción mundial de algodón cercana a 25 millones de toneladas. Los principales países productores de fibra de algodón son China, India, USA, Pakistán, Pakistán y Brasil, los cuales representan más de las tres cuartas partes de la producción mundial. En esta relación mundial, Uzbekistán ocupa la octava posición.

Tabla 1.2 Evolución de la producción mundial de algodón 2016-2018 en miles de toneladas (FAOSTAT, 2020)

País	2016	2017	2018
China	5.970	6.589	6.840
India	5.683	5.984	5.321
Estados Unidos	3.942	3.413	3.598
Pakistán	1.869	2.312	2.215
Brasil	973	1.673	1.638
Australia	1.136	983	1.052
Uzbekistán	817	955	851
Turquía	387	844	973
Argentina	230	295	210
Turkmenistán	225	195	198

USC UNIVERSIDADE DE SANTIAGO DE COMPOSTELA

China e India son los dos grandes motores del mercado mundial del algodón. Actualmente, China no es solo el primer productor, sino que, además ha incrementado fuertemente su papel como primer consumidor mundial, y concentra prácticamente todo el crecimiento del consumo mundial (AQUASTAT, 2020). Es, además, es el país más influente del negocio

algodonero puesto que su producción abarca a más de un cuarto de la producción mundial; en la última década se han incrementado el consumo por parte de las empresas textiles chinas trasladándose el país de una situación de exportador neto de algodón a importador neto (Lee y Fang, 2015).

Por su parte USA, es el segundo productor y el primer exportador de fibra de algodón, muy alejado del resto de países con una participación del 35%. Además, USA es el primer importador de textiles y prendas de vestir.

En el área de Asia Central destaca históricamente el cultivo de algodón, especialmente, en Uzbekistán y Turkmenistán. Uzbekistán es el segundo mayor exportador con 0,74 millones toneladas, siendo su producción de 0,85 millones de toneladas en 2018 (FAOSTAT, 2020). Numerosos estudios indican que probablemente esta producción no aumentará en los próximos años con el objetivo de primar otros sectores económicos (Rahimov y otros, 2020a). La razón radica en que el gobierno de Uzbekistán ha puesto en marcha incentivos para expandir las manufacturas textiles con el objetivo de organizar su industria textil de tal manera que consuma la mitad de su producción de algodón y, de esta forma, genere valores añadidos a la producción.

El algodón es un cultivo que siempre estuvo presente en la agricultura de Asia Central, pero no fue hasta la segunda mitad del siglo XIX cuando se impulsa este cultivo, mediante el riego por inundación o superficie, durante el período de ocupación por la Rusia zarista (Dzhabbarov, 2005). Según Teichmann (2007), desde entonces se impuso el crecimiento desmesurado del cultivo del algodón en la nueva colonia para satisfacer las propias necesidades del Imperio y para aprovechar la situación favorable de los mercados internacionales, cuya demanda había sido desatendida, en parte, a causa de la guerra civil norteamericana de 1861-1865.

En este contexto histórico, comenzaron a construirse nuevos canales de irrigación siguiendo históricos trazados que datan de los tiempos de Gengis Khan. Sus sucesores, sabedores de que esas zonas desérticas solo se convertirían en tierras agrarias si se procedía a un aprovechamiento de las aguas de sus principales ríos, excavaron multitud de acequias a mediados del siglo XVIII (Saiko y Zonn, 1994). Este modelo serviría para diseñar en siglo XIX la primera estructura de regadío moderno en Asia Central a pesar de que no se trata más que de zanjas de escasa profundidad en las que se perdía la mitad de las aguas, filtrándose en el subsuelo o evaporándose durante los calurosos veranos en los que no se baja 40 º C de temperatura.

Según diferentes autores como Obertreis (2007), la política algodonera soviética siguió el camino marcado por los zares, aunque de una manera bastante más acentuada. El total de la superficie de regadío en Uzbekistán pasó de 441.600 hectáreas en 1913, 1.022.600 en 1940, 1.427.000 en 1960 a 2.103.300 en 1987. Inicialmente esto supuso el abandono de otros cultivos tradicionales y el incremento de las extracciones de caudales de los ríos Sir Darya y Amu Darya, así como de sus principales afluentes, destinados al riego por superficie del cultivo del algodón.

A pesar de esta espectacular expansión, y como ejemplo del planteamiento productivo, en el año 1987 no se alcanzaron las producciones previstas en los Planes Estatales por lo que se obligó a los campesinos uzbekos a dedicar también al cultivo del algodón las parcelas destinadas al ganado familiar y a las huertas dedicadas al cultivo de sus propios frutos y vegetales (Giese y Sehring, 2007). También se les obligó a cortar de raíz los árboles próximos a sus viviendas bajo cuya sombra, la única del entorno, podían cobijarse y defenderse de los calurosos veranos. A pesar de estas medidas, no se adoptaron cambios significativos en el modelo productivo y no se consiguió aumentar más la producción.

En este modelo de producción es importante destacar la obsolescencia de las infraestructuras de distribución de agua, las grandes pérdidas por evaporación y percolación profunda en los suelos agrícolas, las pérdidas y filtraciones en los canales, las dosis excesivas de riego que aumentan la salinidad de los suelos, el uso excesivo de defoliantes y fertilizantes para mantener la productividad y una gestión del agua muy poco eficiente (Rahimov y otros, 2010).

Figura 1.7 Cultivo de algodón en Bujará (Elaboración propia, 2010)

Durante la década de 1990, la producción algodonera decayó sensiblemente como consecuencia de la crisis económica sufrida por la Unión Soviética y por todos los países nacidos en 1991. A partir de ese momento los nuevos estados independientes de Asia Central dejaron tener acceso directo a las materias primas, a la tecnología y al capital que recibían anteriormente de Moscú a cambio de la producción de algodón a precios inferiores a los de mercado (Forkutsa y otros, 2009). Como consecuencia de todo esto, la caída de la producción algodonera en Uzbekistán pasó de 5.058.000 toneladas en 1990 a 3.022.000 en 1998.

La gran paradoja, que aborda en última instancia este trabajo, es que, a pesar de esta reducción significativa de la producción de algodón, ligeramente compensada con el incremento de la producción de cereales de invierno, no se redujo el consumo de agua dedicada al regadío, lo que compromete el desarrollo de otros sectores económicos, ni se redujo las inversiones y gastos vinculadas a la infraestructura necesaria para la gestión del agua en la agricultura.

1.4. RETOS MEDIOAMBIENTALES

Antes de abordar los principales retos medioambientales de la región, es importante partir de unas cifras orientativas sobre el uso del agua. Del total de agua disponible en la cuenca de Asia Central, el sector agrario recibe el 87%, el sector industrial el 10% y solo el 3% se consume en los centros urbanos y rurales (ICWC, 2002). De estas grandes cantidades demandadas por la agricultura, el algodón consume el 40%, los cultivos destinados a piensos y forrajes el 23%, el arroz un 15% y el 22% restante riega los terrenos en los que se cultivan cereales y oleaginosas.

La expansión del cultivo en regadío del algodón en Asia Central ha tenido un gran número de efectos colaterales negativos de tipo medioambiental. Tal y como ya se ha comentado, la extracción acelerada de los recursos de los ríos Amu Darya y Sir Darya

produjo un descenso paulatino del volumen del mar de Aral (Peachey, 2004; Sokolov, 2019), aumentó alarmantemente la salinidad de los suelos irrigados (Shirokova y otros, 2000; Lerman, 2008) y el uso desproporcionado de abonos químicos y de defoliantes produjo una contaminación significativa de las tierras y las aguas de la región (Abdullaev, 2002).

Ante la crisis creada por la ausencia de un organismo central de planificación (con la desaparición de la URSS) y la constatación de la gravedad de los problemas medioambientales, según Saiko y Zonn (1994), los países de Asia Central se ven obligados a implementar mecanismos que faciliten la gestión de los recursos hídricos de la cuenca del Mar de Aral. A esta iniciativa responde la creación en 1992 del IFAS (International Fund for Saving the Aral Sea).

1.4.1 Desertificación del Mar de Aral

Una vez que la URSS decidió incrementar el cultivo de algodón en Uzbekistán (Obertreis, 2007), a partir del año 1939 comenzaron las inversiones a gran escala aumentando el volumen de agua desviado de los cauces del Amu Darya y Sir Darya. El volumen de agua del Mar de Aral disminuyó drásticamente desde un volumen de 1.090 km^3 a 183 km^3. Esto ha significado que las sales, los pesticidas y los fertilizantes vertidos en el Mar de Aral están adquiriendo más concentración porque el agua se ha evaporado. De hecho, entre 1960 y 1990 la concentración de sal en el Mar de Aral se incrementó desde 10 gramos por litro hasta 70 gramos por litro.

Tabla 1.3 Cambios en el mar de Aral 1960 al 2000 (Cretaux y otros, 2013)

Año		Nivel (m)	Área (km^2)	Volumen (km^3)	Salinidad (gr/l)
1960		53,41	66.900	1.090	10
1976		48,28	55.700	763	14
1987		40,50	41.000	374	27
1993	Mar del Norte	36,89	30.953	279	37
	Mar del Sur	39,91	2.689	21	30
2000	Mar del Norte	32,38	25.000	159	65
	Mar del Sur	40,97	3.152	24	25

La disminución en tamaño y volumen del Mar de Aral ha sido muy importante en los últimos años. Este hecho es responsable directo de la desaparición de la industria pesquera, de la disminución en los recursos de agua potable, del incremento de la salinización del suelo y de la proliferación de tempestades de polvo. Según Sokolov (2019), esta situación se mantiene en la actualidad y las estimaciones y previsiones de futuro no son nada positivas.

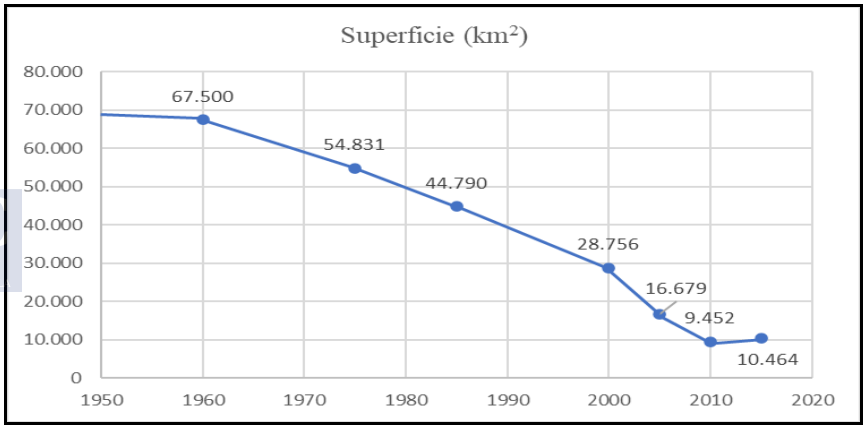


Figura 1.8 Cambios en la superficie total del Mar de Aral 1960-2013 (Sokolov, 2019)

Actualmente, y según Bekchanov y otros (2018), el Mar de Aral está formado en la actualidad por varias masas de agua: el Mar de Aral del Norte, que ha mantenido sus niveles de agua, esencialmente debido a la construcción de una gran presa; y las dos secciones independientes del Mar de Aral del Sur, la occidental, más profunda y estable, y la parte oriental, más superficial, que ha estado cambiando de tamaño recientemente.

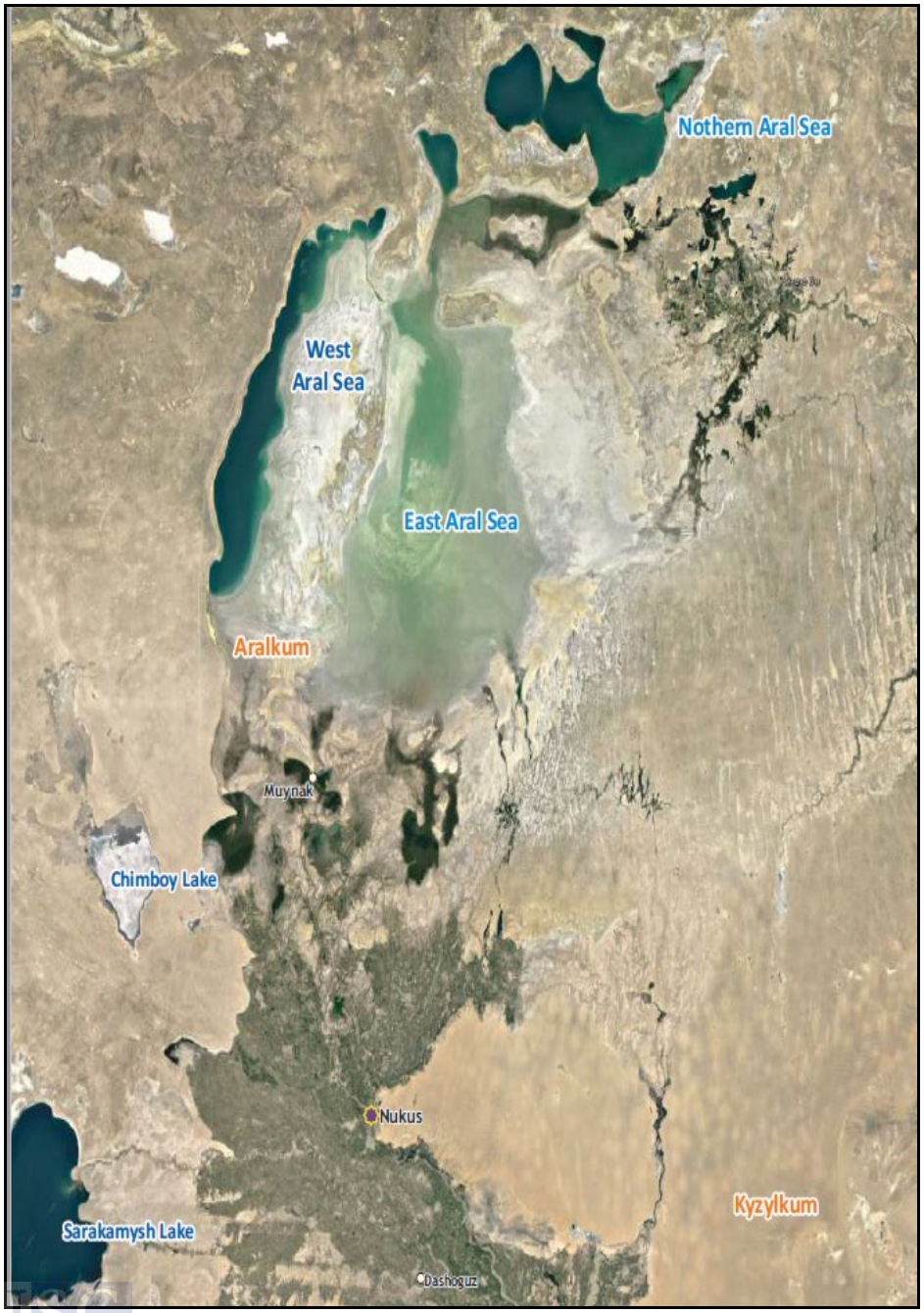


Figura 1.9 Imagen aérea del mar de Aral (Sokolov, 2019)

USC UNIVERSIDADE DE SANTIAGO DE COMPOSTELA

Mantener los niveles de agua en el lóbulo occidental del Mar de Aral del Sur es esencial para preservar el mar como un sistema ecológico (Peachey, 2004). Además, es necesario que permanezca una cierta cantidad de agua en la parte oriental para asegurar que no se deseque completamente, dejando detrás una gran área de polvo y sal potencialmente peligrosa.

Además, a consecuencia de la disminución de la superficie del Mar de Aral, la línea de la orilla ha retrocedido por encima de 80 kilómetros dando lugar a imágenes mediáticas de la desaparición de la flota pesquera de Moynaq (Checa, 2016). Junto a la fuerza de estas imágenes está la desaparición entera de las sociedades pesqueras y de los colectivos humanos vinculados a esta actividad.

Figura 1.10 Restos de la flota pesquera en Moynaq (Arian Zwegers, 2002)

1.4.2 Salinización de los suelos irrigados

Una de las características de las tierras secas es la presencia de precipitaciones escasas y suelos con insuficiente agua. Según Cai y otros (2003), la salinidad es uno de los problemas más importantes de degradación de los suelos a los que tiene que enfrentar el hombre en las regiones áridas, semi áridas y estepas, donde la evaporación es mayor que las precipitaciones. En estas regiones, la producción agrícola depende del riego sistematizado que transforma los ecosistemas naturales en áreas irrigadas cultivables, tal como ocurre en los suelos agrícolas de Asia Central que ocupan este estudio.

Esta forma de degradación del suelo, consecuencia de la agricultura no sustentable, es la salinización del suelo, que se produce a causa del reemplazo de la vegetación nativa perenne de raíces profundas por cultivos anuales de raíces poco profundas o bien como consecuencia del riego excesivo y la falta de drenaje adecuado. La salinización constituye un problema a escala mundial, dado que reduce la productividad de grandes áreas cultivables, disminuye el valor de la tierra y conduce a su abandono (Kalandarova y otros, 2010).

La salinización de los suelos es el proceso de acumulación en el suelo de sales solubles en agua. Esto puede darse en forma natural o a causa de realizar el riego de forma incorrecta o con aguas salinas. La principal consecuencia de la salinización del suelo es la pérdida de fertilidad.

Según Abdullaev (2002) de los 7,8 millones de hectáreas de tierra irrigada en Asia Central, alrededor del 50% está afectada por la salinidad, 29% de los cuales tiene un grado de salinidad fuerte a moderado. La salinización de la tierra en la cuenca del Mar de Aral tiene consecuencias adicionales, ya que obliga a los agricultores a aplicar cantidades cada vez mayores de agua en invierno en un intento de eliminar la sal del suelo, lo que hace que la aplicación de agua sea aún más derrochadora que antes (World Bank, 2010) y alimente grandes cantidades de agua salina en el sistema de drenaje. La lixiviación resultante utiliza hasta un 10-20% de los recursos hídricos superficiales disponibles anuales. Al transportar

grandes cantidades de sal y otras sustancias, la lixiviación también contribuye a reducir la calidad del agua en el río.

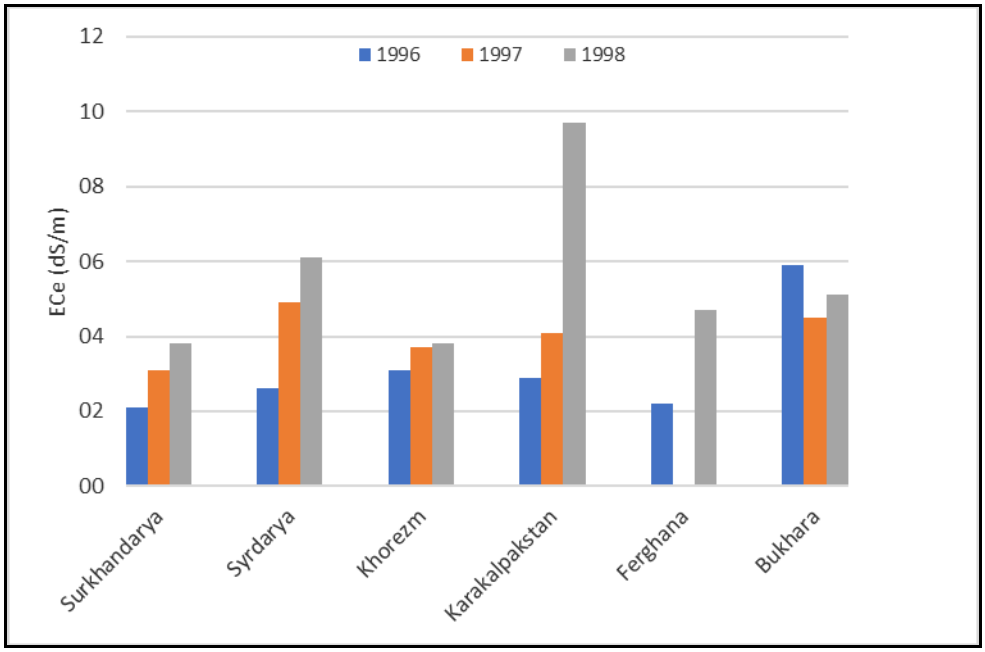


Figura 1.11 Conductividad eléctrica del extracto de una muestra de suelo saturado (Shirokova y otros, 2000)

La mayoría de las tierras irrigadas de la República de Uzbekistán están afectadas por la salinidad, debido al clima árido del país y las condiciones geológicas e hidrogeológicas de sus áreas irrigadas (Forkutsa y otros, 2009).

La Figura 1.10 muestra un aumento de la tierra sensible a la salinidad (Shirokova y otros, 2000) en las principales provincias de Uzbekistán excepto en Bujará. Esta salinidad creciente de los suelos irrigados es una de las principales razones de la disminución actual de productividad agrícola en Uzbekistán y en Asia Central.

1.4.3 Cambio climático en Asia Central

La naturaleza y el alcance de la vulnerabilidad del agua al cambio climático varían en esta región (World Bank, 2013). En Kazajstán, se espera que la disminución de la escorrentía sea más leve, pero existe un problema potencial de gestión de los recursos hídricos en la cuenca del río Ili, que se comparte con China. La República Kirguisa y Tayikistán tendrán suficiente agua para sus propias necesidades, pero es posible que no puedan satisfacer la demanda en su papel de proveedores críticos de agua para la región. La situación del rápido derretimiento de los glaciares de la República Kirguisa y Tayikistán es preocupante, particularmente en Tayikistán, donde los glaciares contribuyen del 10 al 20% de la escorrentía de los principales sistemas fluviales de la región y hasta el 70% durante la estación seca.

Asia Central sigue siendo una de las zonas del mundo con mayor consumo de energía. Si bien en la República Kirguisa y Tayikistán la producción es casi exclusivamente hidroeléctrica con bajas emisiones en carbono, hay grandes reservas de carbón, gas natural y combustible de petróleo en Kazajstán, Turkmenistán y Uzbekistán. Las naciones de Asia Central han adoptado planes y estrategias para combatir el calentamiento climático global, principalmente reduciendo las emisiones de gases de efecto invernadero y aumentando la eficiencia energética (Swiss Federal Office for the Environmen, 2009). En este sentido,

estudios recientes han demostrado un impacto cruzado entre los sectores del agua y la energía (World Bank, 2013). Es probable que el aumento de las temperaturas aumente la demanda de bombeo de riego y, por lo tanto, la generación de electricidad.

Al igual que en Asia Central, el cambio climático en Uzbekistán se manifiesta directamente en la desaparición de las masas de nieve existentes en las cadenas montañosas, que constituyen el suministro de los principales ríos de la región (MAWR, 2020). En los últimos 50 años, los glaciares se han reducido en aproximadamente un 30%. Se estima que un aumento de la temperatura de 2 °C provoca un descenso del 50% en el volumen de hielo disminuirá y un aumento de la temperatura de 4 °C, un descenso del volumen de hielos del 78%. Tal derretimiento de los glaciares podría provocar una grave escasez de agua en la región.

Las evaluaciones realizadas con la ayuda de modelos climáticos globales muestran que el cambio climático exacerbará la escasez de agua en Asia Central (World Bank, 2013). Según las estimaciones, para 2050 se espera que el flujo en la cuenca de Sir Darya disminuya en un 5%, y un 15% en la cuenca del río Amu Darya. Según estas proyecciones, para 2030, el déficit hídrico total en Uzbekistán será de más de 7 km^3 y para 2050, 15 km^3. El cambio climático se acompaña además de un aumento de la temperatura ambiente durante los calurosos meses de verano y un aumento en la cantidad de años de escasez de agua (IPCC, 2022). Esta situación hace que en la región se intensifiquen las inundaciones y otros fenómenos naturales. Aunque en este documento no hay unanimidad sobre los pronósticos de precipitación, la disminución calculada de la escorrentía fluvial podría ascender al 20% en los próximos 50 años.

1.5. UN NUEVO ESCENARIO SOCIOECONÓMICO

Uzbekistán es un estado joven, con apenas 30 años de independencia, que destaca sobre el resto de las naciones de Asia Central por la fuerte pujanza demográfica y su posición privilegiada (Oficina Económica y Comercial de España en Moscú, 2018). La economía de esta república reside en la producción y en la exportación de diversas materias primas, como algodón, oro, uranio y gas natural. Desde 1995 se lleva a cabo una política de transición gradual que ha producido resultados en forma de progreso económico (SCRUS, 2020).

Este cambio de modelo viene fuertemente condicionado por la creciente independencia económica con relación a la Unión Soviética primero, y Rusia después, provocando un descenso en el flujo de bienes rusos de primera necesidad hacia la República de Uzbekistán. A causa de este hecho, resulta necesario transformar las infraestructuras productivas de la sociedad, centradas en la exportación de algodón, para poder satisfacer la creciente demanda de alimentos debido al aumento de la población y al incremento de los ingresos reales. De la misma forma, es necesario garantizar un suministro hídrico que permita el desarrollo de nuevos usos industriales y urbanos y reducir las gigantescas inversiones y gastos del estado destinados al mantenimiento de la agricultura de regadío.

Toda la región de Asia Central se enfrenta a nuevos retos medioambientales: el cambio climático, la desertización del Mar de Aral, el incremento de la salinidad en los suelos agrícolas y la contaminación y sobreexplotación de le las aguas.

A pesar de que la alternativa a la gestión de los recursos hídricos actual no solo afecta a la producción agraria, los grandes volúmenes de agua movilizados hacia este sector y, especialmente, el elevado coste económico que soporta el estado de este modelo de gestión hace que sea necesario ensayar nuevas opciones.

Parece evidente la necesidad de destinar menos recursos, financieros e hídricos, en el sector de la agricultura. Por ello, la mejora en la eficiencia en el uso del agua en el cultivo del

algodón en regadío puede ser una herramienta de gran utilidad para la definición de nuevas políticas hidráulicas de gestión.

1.6. DEFINICIÓN DE OBJETIVOS

En este contexto de liberalización económica y diversificación de la producción del sector agrícola, y con la finalidad de mejorar la eficiencia en el uso de los recursos hídricos y poder diversificar la producción agrícola, a través de la Resolución PQ-4087 del 27 de diciembre de 2018, del Presidente de la República de Uzbekistán Shavkat Mirziyoyev, se establecen unas condiciones favorables para la generalización del uso de la tecnología de riego por goteo en la producción de algodón crudo.

Una de las consecuencias de esta iniciativa fue la aprobación en 2019 del Decreto del Presidente de la República de Uzbekistán "*Sobre medidas para el uso eficiente de la tierra y los recursos hídricos en la agricultura*" (NAPM, 2020). El objetivo que se persigue es la introducción de nuevas tecnologías de riego que permitan reducir los volúmenes de agua destinados a la agricultura de regadío mejorando la eficiencia en el uso del agua.

En este Decreto se aprueban una serie de líneas de apoyo financiero a los agricultores que decidan modernizar los sistemas de riego. Con cargo al presupuesto estatal de la República de Uzbekistán, a los productores de algodón crudo que decidan introducir tecnologías de riego por goteo se les otorgará un subsidio de 8 millones de uzs (aproximadamente 690 € al tipo de cambio en 2022) por cada hectárea de superficie de algodón transformada en riego por goteo. Otra medida contemplada es la asunción por parte del Fondo Estatal para el Desarrollo Empresarial, dependiente del Gabinete de Ministros de la República de Uzbekistán, de los costos de los intereses sobre los préstamos a productores de algodón crudo para la construcción, reconstrucción y compra de sistemas de riego por goteo con determinadas limitaciones. Además, se decide no aplicar a los contratos de importación firmados por los productores de algodón en bruto en el marco de los trabajos sobre la introducción de la tecnología de riego por goteo el requisito de examen y registro de los dichos contratos de importación con los beneficiarios de los fondos del presupuesto.

Finalmente, y solo hasta el 1 de enero de 2021, los componentes y materias primas requeridas para la introducción de la tecnología de riego por goteo, importadas por los productores nacionales de algodón crudo, así como los fabricantes de sistemas de riego por goteo, estarán exentos de derechos aduaneros.

Enmarcada en esta iniciativa, se realiza en ese mismo año de 2019 la mejora de las redes de distribución de agua y la modernización de la explotación “Rustam Fayz” (Gijduvon, Bujará). La modernización del regadío consistió en la substitución del sistema de riego por inundación por un sistema de riego localizado, concretamente riego por goteo por superficie en 21 hectáreas. Las obras de mejora afectaron a la red de distribución del agua y la modernización afectó al sistema de riego empleado. Esta explotación, con casi 200 hectáreas en regadío en 2019, se monitorizó desde el año de 2016 reuniendo datos relativos al consumo de agua y a los inputs (volúmenes y costes) asociados a la producción agrícola en ese periodo 2016/2021.

De acuerdo con los estándares de la FAO (FAOSTAT, 2020), los sistemas de riego empleados en Asia Central, especialmente en la cuenca inferior de los ríos Amu Darya y Sir Darya presentan rendimientos muy bajos. El principal problema para analizar el funcionamiento del sistema y el rendimiento del riego en detalle es la falta de información confiable y consistente (Conrad y otros, 2007). Para superar estas limitaciones, la integración en la gestión de los recursos hídricos es un paso importante con el objetivo de mejorar condiciones ambientales en la cuenca del mar de Aral.

Teniendo en cuenta la importancia de la gestión del agua en este territorio y la apuesta del gobierno uzbeco por la adopción del riego localizado como una de las medidas de mayor alcance en la modernización del sector agrícola, nos planteamos buscar elementos que puedan valorar esta decisión. Mediante la caracterización del riego por inundación realizado en el periodo 2016/2018 y del riego localizado en el periodo 2019/21 se pretende definir la eficiencia en el uso del agua y relacionarla con la intensidad anual en inputs y las producciones anuales de algodón obtenidas. Además, a partir de la información obtenida, nos interesa, cuantificar el volumen de recursos hídricos destinado al cultivo de riego de algodón en la provincia de Bujará (Uzbekistán).

Figura 1.12 Explotación Rustam Fayz (Elaboración propia, 2020 y 2022)

Una vez definido el objetivo general de este trabajo como la búsqueda de elementos que nos ayuden a valorar la adopción del riego localizado como una de las medidas de mayor alcance en la modernización del sector agrícola en Uzbekistán, se pretende llegar a definir los siguientes objetivos específicos:

- Obtener valores de la medida de la eficiencia en el uso del agua (EUA) en el riego por inundación en el periodo 2016/2018 y en el periodo 2019/2021 en el riego localizado por goteo superficial, de forma que se pueda acometer la comparación entre ambos sistemas y el análisis posterior relativo a los niveles de inputs y producciones.

- Generar un indicador para comparar atemporalmente en valores reales la relación entre los recursos destinados al cultivo del algodón y la producción obtenida en la campaña 2016/2021.

- Definir el volumen de agua movilizado en el riego del algodón en la provincia de Bujará (Uzbekistán) en tres escenarios hipotéticos diferentes definidos en función de la superficie modernizada, con el fin de introducir elementos de discusión y análisis.

USC UNIVERSIDADE DE SANTIAGO DE COMPOSTELA

USC
UNIVERSIDADE
DE SANTIAGO
DE COMPOSTELA

2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1 MARCO POLÍTICO Y NORMATIVO DE LA GESTIÓN DEL AGUA EN UZBEKISTÁN

Una vez que Uzbekistán obtuvo la independencia de la Unión Soviética en 1991, se produjo un cambio en la administración de los recursos hídricos (Sokolov, 2019). El sistema de gestión del agua existente, basado en considerar la unidad territorial de gestión a la región y al distrito, se transforma en un sistema de gestión del agua basado en principios hidrológicos considerando como unidad de gestión la cuenca de riego. Según Abdullaev y otros (2009), después de la desaparición de la URSS, Uzbekistán comenzó a cambiar su política agrícola. Los principales cambios acometidos contemplaban prevenir el malestar social mediante la redistribución de la tierra a las familias, aumentar la producción de trigo para garantizar la seguridad alimentaria, implementar un sistema de cuotas para el algodón y el trigo, modificar los subsidios agrícolas y modificar el modelo de tenencia de la tierra organizado en grandes granjas colectivas o cooperativas (kolkhozs) y en explotaciones estatales (sovkhozs).

Durante el período soviético, el algodón se producía en granjas colectivas a gran escala, por lo general de 2.000 a 3.000 hectáreas. Las fincas gestionaban todos los aspectos del sistema de producción, incluida la mecanización y el riego. Debido a que se creía que los kolkhozs y sovkhozs funcionaban de manera ineficiente, la nueva república decidió dividir la propiedad en unidades agrícolas más pequeñas, aunque todavía colectivas, conocidas como shirkats. Sin embargo, no se llevó a cabo ninguna reestructuración en la gestión de otros activos del sistema, como el riego asociado a estas explotaciones. El resultado fue que las unidades de gestión de la propiedad (tierra) no coincidían con las unidades de gestión del agua. Esto resultó en un funcionamiento deficiente de la gestión de las redes de riego y drenaje. Como consecuencia directa se alcanzaron rendimientos de algodón más bajos que durante la década de 1980, provocando una crisis económica y política.

En este contexto, en 1992 se inició una nueva fase caracterizada por la aparición de granjas gestionadas por las unidades familiares. El gobierno, que había considerado originalmente estas granjas no colectivas como experimentales, les asignó tierras de baja fertilidad con escaso suministro de agua.

Durante esta primera reforma agraria realizada entre 1991 y 1996, las granjas estatales y colectivas se transformaron en diferentes organizaciones económicas, pero continuaron funcionando de la misma manera que las antiguas explotaciones colectivas (Kandiyoti, 2003). En esta época sólo se privatizaron una pequeña parte de la gestión de la tierra en manos del Estado y las granjas colectivas. Las nuevas unidades de explotación mantenían una dependencia de las granjas colectivas para la asignación y distribución del agua.

En la segunda reforma agraria, se abandonaron las granjas colectivas, se arrendaron tierras agrícolas colectivas a los agricultores y se introdujeron las Asociaciones de usuarios de agua (WUAs). Esta segunda reforma comenzó en 1996, cuando el gobierno contrató al Instituto de Investigación Científica de Riego de Asia Central (SANIIRI) para establecer un marco para las WUAs en Uzbekistán. Tres años después, a fines de 1999, el SANIIRI completó su investigación sobre el establecimiento de los WUAs.

El inicio de la segunda fase de redistribución de la propiedad tuvo lugar a principios de 2000. Se privatizaron las granjas colectivas no rentables y sus tierras se distribuyeron a

exempleados. Según Wegerich (2004), esta privatización de la tenencia de la tierra estuvo acompañada de la transferencia de competencias en la gestión del riego, transferencias financieras y la creación de Organizaciones Agrícolas (FO) y Asociaciones de Usuarios de Agua (WUAs).

La adopción de la cuenca como unidad de gestión supuso la creación en 2003 de las Autoridades de Cuenca de Sistemas de Riego (BAIS), integradas por las Autoridades de Canales Principales (AMC) y las Autoridades de Sistemas de Riego, según lo aprobado por la Resolución 320 del 21 de julio de 2003, para la "Mejora de la gestión del agua" del Gabinete de Ministros de la República de Uzbekistán (Wegerich, 2004).

Hasta este momento, la gestión de las infraestructuras de distribución del agua (principales canales de riego, presas y embalses) dependía del control estatal, a través de organizaciones de gestión del agua a nivel provincial y de distrito. Cada una de estas unidades territoriales (distrito, provincia) tenía cuotas estatales de producción de algodón y trigo (AQUASTAT, 2020). Como el agua era un factor tan importante, cada gobernador trató de apropiarse de más agua para su distrito. La fragmentación territorial resultante de la gestión de los recursos hídricos condujo a una distribución desigual del agua y disputas por el agua.

En este contexto, a principios de 2003, el gobierno comenzó a transformar los sistemas de producción agrícola colectivos en granjas individuales, que hasta entonces solo eran una opción experimental. En virtud de la nueva política, se dio prioridad al desarrollo de granjas individuales como los principales productores de productos agrícolas (Hamidov y otros, 2015). Entre 2004 y 2006, el 55% de las granjas colectivas se transformó en granjas individuales. En 2004, las granjas individuales ocupaban el 17% de las tierras agrícolas y contrataban a cerca de 765.300 trabajadores.

La transformación final fue el surgimiento de las llamadas granjas dehkan. Estas son explotaciones familiares legalizadas de las que la mayoría de la población obtiene sus ingresos. El estado permite y fomenta que las granjas familiares se registren como personas jurídicas con personalidad propia para que puedan adquirir crédito y beneficiarse de otros instrumentos financieros. Las granjas dehkan pueden producir cualquier cultivo, excepto algodón y trigo, y vender su producción en el mercado abierto. La única restricción es que no pueden unirse al sistema de cuotas de algodón y trigo. Gran parte de la producción, principalmente frutas y hortalizas, cultivada en las granjas dehkan se exporta a la vecina Federación de Rusia y a Kazajstán. Sin embargo, lo más sorprendente de las granjas dehkan es su gran contribución al PIB agrícola (Abdullaev y otros, 2009).

El principal logro de la Resolución 320 para la "Mejora de la gestión del agua" fue consolidar la gestión del agua mediante el establecimiento de las WUAs y Organizaciones de Gestión de Canales (CMOs). Estas agrupaciones de usuarios operaban dentro de unidades hidráulicas únicas, con el fin de garantizar el acceso equitativo al agua para diferentes usuarios y mejorar la eficiencia del uso del agua (Abdullaev y otros, 2009). A finales de 2010, funcionaban con éxito 1.486 Asociaciones de Usuarios de Agua, proporcionando servicios de agua a más de 80.000 usuarios de agua, incluidos los agricultores. En diciembre de 2009, se revisó la ley de “Agua y uso del agua” con la finalidad de modificar el concepto de WUA. Se redefine este tipo de agrupación, y su denominación que pasa a ser “Asociación de Consumidores de Agua” (WCA), subrayando la diferencia entre el uso no consuntivo, aquellos usuarios donde no se afecta a la cantidad de agua empleada (como pesca e hidroeléctrica) y el uso consuntivo, aquellos usos donde es posible reducir la cantidad real de agua disponible (como el uso en la agricultura de regadío).

Para mejorar la situación en el sector de la gestión de los recursos hídricos, el gobierno de Uzbekistán, las organizaciones internacionales y las Instituciones Financieras Internacionales

están desarrollando proyectos relacionados con el suministro de agua urbana, la mejora de los sistemas de riego y drenaje y la mejora de sistemas de alcantarillado e instalaciones de tratamiento de aguas residuales.

En el año 2004, el gobierno y el Banco Mundial firmaron el "Proyecto de Drenaje, Irrigación y Recuperación de humedales" por valor de 63 millones de euros con tres objetivos: aumentar la productividad de la agricultura de regadío, incrementar el empleo y los ingresos en Karakalpakstán y mejorar la calidad del agua del río Amu Darya mediante la eliminación segura de los efluentes de drenaje y la mejora de la calidad de los humedales del delta del Amu Darya. Dentro de este proyecto, el Ministerio de Agricultura y Recursos Hídricos desarrolló instituciones para mejorar la gestión del agua, la operación y el mantenimiento de los sistemas de riego y drenaje, y promovió la agricultura de riego sostenible mediante la gestión participativa del riego.

El Ministerio de Agricultura y Recursos Hídricos inició importantes reformas de la agricultura de regadío para aumentar la productividad de los cultivos y la eficiencia administrativa de los operadores del sistema. Una reforma importante es la reestructuración de los sistemas de riego del río Zeravshan en una administración de cuenca bajo el control de una única agencia operativa. La Agencia para el Desarrollo Internacional (USA) con el Ministerio y la Agencia Operativa de la Cuenca colaboraron estrechamente con el gobierno para implementar mejoras sustanciales a los principales canales de distribución del sistema de riego del río Surkhandarya y la cuenca del río Zeravshan. Es importante destacar que más de 3,5 millones de personas se dedican directamente a la agricultura en estas áreas (USAID, 2012).

2.1.1 Marco institucional

A partir del año 1996, la gestión integral de los recursos hídricos recae íntegramente en la Autoridad General de Recursos Hídricos (GAWR) dependiente del Ministerio de Agricultura y de los Recursos Hídricos (MAWR). Este nuevo Ministerio, resultado de la fusión del Ministerio de Agricultura con el Ministerio de Recursos Hídricos, desempeña las principales funciones en la gestión de las aguas superficiales y subterráneas (GoU, 2011).

Todas las organizaciones institucionales que se ocupan de la gestión del agua a nivel estatal, provincial y de distrito se encuentran bajo la coordinación y supervisión del MAWR. Este ministerio es el responsable de la distribución y entrega del agua a las explotaciones, del asesoramiento a los usuarios del agua para implementar tecnologías avanzadas y de garantizar el control de la calidad del agua. El MAWR también está a cargo de la investigación y extensión agrícola, el desarrollo agrícola, la recuperación de tierras en la finca y la operación y mantenimiento en la finca de la red de riego.

Dependiente del MAWR, se organiza el Servicio Especial de Recuperación de Tierras desde donde se monitorean los principales indicadores de recuperación de tierras de regadío (nivel freático, volúmenes de drenaje, salinidad de los suelos, estado de la red colector-drenaje) a nivel nacional, provincial y local. También se ocupa de planificar las medidas necesarias para el mantenimiento de la red de riego y drenaje y para la recuperación de tierras degradadas, incluida la gestión de la lixiviación, la reparación y limpieza de colectores de drenaje y la rehabilitación de la red.

Otros organismos estatales implicados directamente en la gestión del agua que hay que destacar son el Instituto de Investigación Científica de Riego de Asia Central (SANIIRI), el Comité Estatal de Protección de la Naturaleza (Goskompriroda) y el Centro Hidrometeorológico (Uzhydromet). El SANIIRI es un organismo autónomo, aunque vinculado al MAWR, que realiza investigaciones sobre el sector del desarrollo de los recursos

hídricos y diseña y fabrica equipos de riego. El Goskompriroda es el organismo estatal que está a cargo del monitoreo de la calidad del agua y el control de los contaminantes industriales y municipales.

El Uzhydromet, dependiente del Ministerio de Situaciones de Emergencia y del antiguo MAWR, se ocupa del desarrollo y mejora del sistema estatal de observación meteorológica, de la provisión de apoyo hidrometeorológico a los sectores económicos, de la realización de investigaciones científicas, de la mejora de los pronósticos meteorológicos a corto y largo plazo, del seguimiento de los recursos hídricos disponibles y del seguimiento del cambio climático. Además, esta organización realiza observaciones meteorológicas y agrometeorológicas en el territorio de Uzbekistán.

De forma paralela a esta estructura administrativa en la gestión del agua, Uzbekistán es miembro de IFAS, ICWC y de las Organizaciones de agua de la cuenca del río Amu Darya y Sir Darya (BWOs).

La Asociación de Uzbekistán para el Desarrollo Sostenible de los Recursos Hídricos (AUSWRD) se estableció en 1998 y promueve la cooperación en el desarrollo de los recursos hídricos de la cuenca del Mar Aral. También tiene como objetivo compartir información sobre temas relacionados con el agua, influir en las decisiones gubernamentales con respecto al agua y brindar educación sobre el uso del agua y el saneamiento. La visión de AUSWRD es que Uzbekistán se convierta en un ejemplo de uso sostenible del agua.

En 2011, el gobierno adoptó la decisión de crear el Comité Nacional de Grandes Presas, para representar los intereses del país en la Comisión Internacional de Grandes Presas (ICOLD) con la finalidad de promover el interés de Uzbekistán en garantizar la seguridad de las grandes presas y representar la posición de Uzbekistán con respecto al uso racional de los recursos hídricos transfronterizos.

2.1.2 Información sobre los recursos hídricos en Uzbekistán

El sistema actual de control, formado por estaciones hidrométricas con observaciones a largo plazo de la formación de recursos hídricos, cubre prácticamente la totalidad de los recursos hídricos, incluidos los formados en las cuencas de los ríos Amu Darya y Sir Darya y sus afluentes.

El Ministerio de Agricultura y Recursos Hídricos dispone de puntos de control donde registra el uso de los recursos hídricos en los sistemas de riego y gestión del agua. Las tareas del Ministerio de Recursos Hídricos son resumir las previsiones de uso y consumo de agua, el desarrollo y seguimiento del balance de los recursos hídricos, la identificación de límites para las tomas de agua de los sistemas de riego de cuenca, los diferentes sectores económicos y algunos usos particularmente importantes.

La red hidrológica de Uzbekistán consta de 16 estaciones hidrológicas (con 69 puntos de control), 3 estaciones lacustres (con 17 puntos de control), 13 estaciones territoriales de Hidrometeorología (8 puntos de toma de datos) y 10 puestos de control transfronterizos (con 40 puntos de control).

2.2 PROBLEMAS TEÓRICOS DEL USO EFICIENTE DE LOS RECURSOS HÍDRICOS EN UNA ECONOMÍA DE MERCADO

Los principales problemas institucionales de la gestión del agua en Uzbekistán se manifiestan en la falta de incentivos para que los usuarios del agua realicen una gestión eficiente de un recurso limitado, y caro, como es el agua (FAO, 2012). Los sectores que más agua consumen son, principalmente, la agricultura y el abastecimiento de poblaciones, y la gestión recae en los responsables de las infraestructuras y los organismos estatales. La baja eficiencia en el uso

del agua podría ser consecuencia del hecho de que los agentes implicados no participan en la gestión de los recursos hídricos y no tienen acceso gratuito a la información sobre el uso del agua.

Actualmente, la gestión administrativa domina la gestión del suministro de agua en el sector agrícola, sin tener en cuenta los factores del mercado. Los principales medios de distribución del agua, establecidos legislativamente, se basan en cuotas y controles administrativos (Rahimov y otros, 2020a). La toma de decisiones para determinar las cuotas de producción está determinada por los planes de producción y transformación del algodón, pero no están vinculadas a maximizar los beneficios económicos de este producto. En este tipo de análisis, tampoco se contemplan aspectos relevantes como el aumento de los ingresos, la eficiencia del uso del agua en la agricultura o la reducción del costo del suministro de agua.

Los principales costos del suministro de agua para los productores agrícolas son asumidos por el presupuesto estatal, lo que significa que los pagos por el suministro de agua por parte de los productores agrícolas no están directamente relacionados con la cantidad de consumo. La ausencia de relación entre la cantidad y el coste del uso del recurso agua, no favorece la gestión eficiente y la toma de decisiones adecuadas (Rahimov y Yavmutov, 2019). En Uzbekistán, la gestión de las infraestructuras hidráulicas se lleva a cabo principalmente por el Ministerio de Agricultura y Recursos Hídricos y se financia con cargo al presupuesto estatal. Los gestores carecen de incentivos suficientes para ahorrar en el costo del agua, para introducir tecnologías de ahorro de agua y energía o para mantener y modernizar las infraestructuras existentes (Rahimov y otros, 2010).

Otro aspecto importante es que las fórmulas de asociación público-privada aún no se aplican suficientemente en el sector. A pesar de que se han establecido asociaciones de consumidores de agua para administrar y distribuir el agua de manera efectiva en las redes de riego dentro de las explotaciones agrícolas, aún no ha sido posible crear una estructura sostenible para la autogestión de los consumidores de agua. El deficiente funcionamiento de las Asociaciones de consumidores de agua ha provocado un incremento en el mal estado de conservación de las redes de riego y de las estructuras hidráulicas dependientes de estas asociaciones (Abdullaev y otros, 2009). Además, no se cumplen las condiciones esperadas, referidas a la cantidad y calidad, en los servicios prestados a los regantes. Esta situación refleja un problema en la planificación del área regada.

Además de la gran cantidad de agua destinada a la agricultura, la partida presupuestaria del estado destinada a mantener el regadío en Uzbekistán es cada vez mayor. En 2007, el gasto anual para regar poder regar 4,25 millones de hectáreas fue de 50 mil millones de euros (Rahimov y Abdughaniyev, 2009). Este es un problema acuciante que se magnifica con la evolución económica y demográfica de la región. La participación de la agricultura en el producto interno bruto (PIB) en Asia Central casi se ha reducido a la mitad desde la desintegración de la Unión Soviética Unión. En cambio, el crecimiento económico está dominado por la industria del petróleo y gas y por la expansión urbana y el porcentaje de la población urbana en la región va en aumento. A pesar de esto, las economías de Asia Central siguen centrándose en las industrias primarias como la agricultura y la extracción de combustibles fósiles. El retorno económico de agua es menor en el centro de Asia que en cualquier otro lugar del planeta. Turkmenistán utiliza casi 3 veces más agua que la India para producir un dólar de PIB, 4 veces más de Egipto, 14 veces más que el de China y 43 veces más que España.

El problema de la gestión del agua en las nuevas condiciones económicas de la región presenta dos aspectos relevantes. Por un lado, el ya mencionado elevado coste del regadío que condiciona los presupuestos estatales y, por otro lado, los elevados volúmenes del recurso

agua empleados con una eficiencia agrícola y económica muy baja. Mayoritariamente, el agua se transporta a través de canales abiertos con una demanda creciente. Este aumento es consecuencia del crecimiento de la población, la expansión de nuevas industrias y la construcción. Las pérdidas de agua en la red de transporte y distribución de agua son muy altas, con índices de eficiencia del transporte entre 0,5-0,6 (Abdullaev y Rakhmatullaev, 2015). Esto indica que más del 40-50% del agua se pierde antes de llegar a la granja. Aumentar la eficiencia de los sistemas de transporte y riego es una de las oportunidades importantes para ahorrar agua (Neira y otros, 2005).

La baja eficiencia en el riego no solo significa un desperdicio del recurso, sino que, además, causa daños materiales importantes. Este problema empeora los niveles de agua subterránea, saliniza los suelos y complica la conservación de los suelos irrigados. Además, las pérdidas de agua obligan a una infraestructura de transporte sobredimensionada con un gran coste de mantenimiento.

Parece evidente que la modernización y la mejora del riego son necesarias para liberar recursos económicos e hídricos que permitan el desarrollo de otros sectores económicos. Es necesario adoptar nuevas técnicas para la distribución de agua dentro de la granja y mejorar las redes de distribución de agua. Las medidas de apoyo estatal permitieron la introducción de tecnologías de riego que ahorran agua en 33.200 hectáreas solo en el año 2019 (CAWater-IS, 2020). Sin embargo, el área donde se aplican estas nuevas tecnologías de riego representa solo el 1,7% del área total de tierra irrigada en Uzbekistán. Por esta razón, se requiere una mayor intensificación de las medidas para ampliar el uso de tecnologías de ahorro de agua en la agricultura y garantizar la eficiencia del agua (MAWR, 2020).

Con el objetivo de fomentar el uso eficiente del agua en el regadío, en 2009 se aprobó el Decreto "*Sobre medidas para el uso eficiente de la tierra y los recursos hídricos en la agricultura*" (NAPM, 2020). En esta norma se establecen ayudas financieras con el objetivo de alcanzar en el período 2019/2022 la transformación de los métodos de riego en 253.381 hectáreas.

2.3. EFICIENCIA EN EL USO DEL AGUA

La eficiencia se define como la relación existente entre los recursos empleados para un proyecto y los logros que son obtenidos a través de éste (Cachanosky, 2012). Según este autor, la eficiencia óptima se consigue en aquellos casos en los que se utiliza un menor número de recursos para poder conseguir un mismo objetivo o cuando se alcanza un mayor número de objetivos haciendo uso de los mismos recursos o incluso menos. El concepto de eficiencia analiza el volumen de recursos gastados para alcanzar las metas. Por tanto, una actividad productiva hace un uso óptimo de los recursos y, consecuentemente, tiene el menor costo posible. El análisis de la eficiencia es frecuentemente utilizado para comparar entre diferentes alternativas de acciones y se puede realizar ex ante o ex post.

Con otro planteamiento, y para medir la eficiencia o productividad técnica, diferentes autores han propuesto distintas metodologías y estrategias con resultados dispares en el análisis resultante en función de la metodología específica seleccionada (Wadud y White, 2000). En este sentido, Cachanosky (2012) indica que, en la mayoría de los estudios empíricos, la selección de la metodología utilizada para medir la eficiencia es arbitraria y se basa principalmente en el objetivo del estudio, los datos disponibles y la preferencia personal del investigador.

La eficiencia en el uso del agua es un concepto introducido hace más de 100 años por Briggs y Shantz (1913) que relaciona la productividad de las plantas y el uso del agua. Estos autores introdujeron este concepto como una medida de la cantidad de biomasa producida por

unidad de agua utilizada por una planta. Desde un punto de vista agrícola, usamos el concepto de eficiencia en el uso del agua, como sinónimo de eficiencia en el ámbito económico, como la capacidad que tiene una planta de producir una determinada cosecha por cada unidad de agua consumida (Álvarez, 2011) sin considerar las técnicas agronómicas o el nivel de inputs consumido. Frecuentemente empleamos el término de eficiencia agrícola como sinónimo de la productividad agrícola, que está intrínsecamente relacionado con el de productividad del agua (FAO, 2012). Recordar que podemos definir la eficiencia del agua como la relación entre el volumen de alimentos producidos con respecto al agua utilizada. Fernández y Camacho (2005) definen la "eficiencia en el uso del agua" o "productividad del agua" como la relación existente entre la biomasa presente en un cultivo por unidad de agua utilizada por éste en un determinado momento. Frecuentemente, cuando se pretende enfocar el empleo del agua como un componente meramente productivo y económico, se recurre a sustituir la biomasa por el rendimiento en kg de producto por m^3 de agua utilizada.

En este trabajo empleamos como indicador de eficiencia en el uso del agua (EUA) la producción obtenida en una hectárea dividida por la cantidad de agua aplicada en la misma superficie (kg/m^3) definido por Salazar y otros (2014). Para la obtención del rendimiento del cultivo de algodón emplearemos los datos obtenidos en campo y facilitados en la explotación piloto y referidos a la producción media por hectárea. Para la obtención del consumo de agua solo empleamos el agua aportada de riego, ya que la precipitación es muy escasa y no debemos considerarla como un parámetro significativo.

2.4 CARACTERÍSTICAS AGRONÓMICAS DEL CULTIVO DEL ALGODÓN

El algodón, o algodonero, es una planta industrial perteneciente a la familia de las malváceas y del género "*Gopssypium"*. De este género se conocen 45 especies, que son anuales, bianuales y perennes, herbáceas, arbustivas y arbóreas (Lee y Fang, 2015). De estas 45 especies, solamente tres de ellas se utilizan para la producción de fibra textil:

"*Gossypium hirsutum*", o algodonero americano, es el tipo más utilizado ya que es posible su cultivo hasta los 40º latitud Norte con una calidad de fibra aceptable. Por este motivo es la especie correspondiente al mayor número de variedades comerciales existentes y que son cultivados hoy en casi todas las regiones algodoneras del mundo.

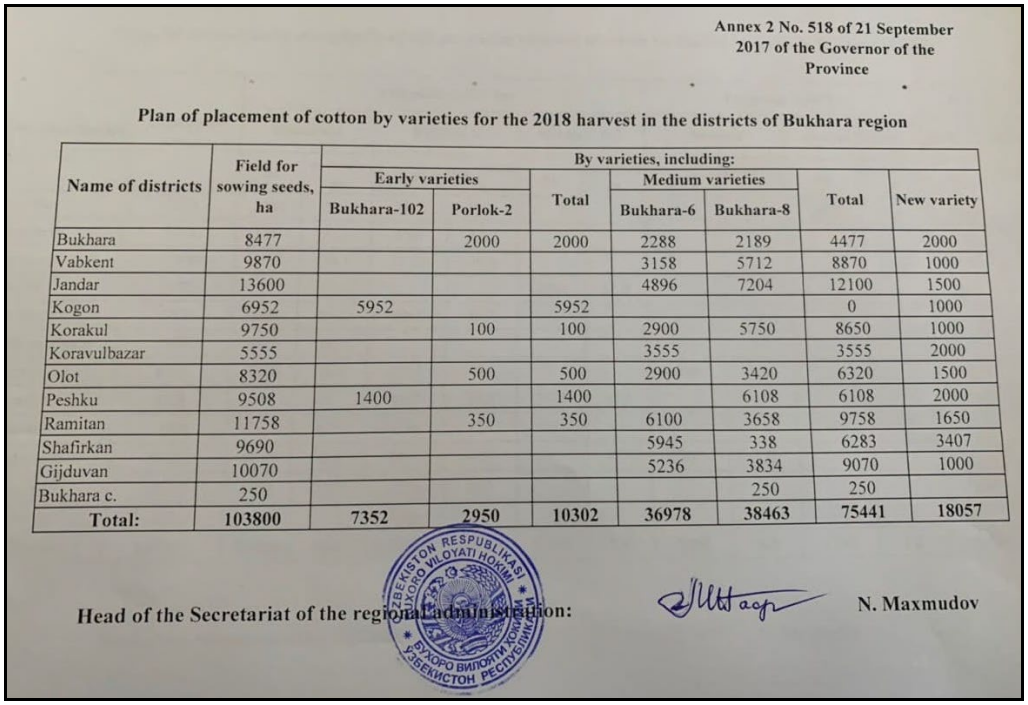
"G*ossypium barbadense*", también llamado algodón egipcio o pima, es un algodón de fibra de excepcional calidad, pero su cultivo necesita de una climatología muy específica. Se cultiva en las islas Galápagos, Egipto, Estados Unidos, Perú, África y regiones vecinas.

"G*ossypium herbaceum*", o algodonero indio, es una especie poco extendida y que se encuentra en regiones centrales semiáridas de África, incluye diversas variedades comerciales cultivadas en África, Asia menor, países como Afganistán, Rusia y la India.

También podemos citar el "G*ossypium arboreum*", oriundo de la India, que es muy rústico y se cultiva como un arbusto con una fibra de muy baja calidad. Esta especie comprende variedades comerciales cultivadas en África, Madagascar, Asia Menor, India, China, Filipinas y regiones próximas.

De entre estas especies podemos encontrar multitud de variedades comerciales. Si nos centramos en el análisis de las variedades utilizadas en la zona de estudio, podemos destacar cinco o seis diferentes que destacan por su uso. Es importante destacar que tanto la elección de la variedad como la superficie cultivada responden a un sistema centralizado de planificación de ámbito regional. En la figura siguiente (Figura 2.1) se recoge la asignación de cuotas por variedades y distritos para el año 2018, según los datos facilitados por el Gobernador de la provincia.

Entre las variedades precoces empleadas en la provincia de Bujará podemos citar Bukhara-102 y Porlok-2. En la provincia, el algodón cultivado responde en casi tres cuartas partes de la producción a ciclos largos, concretamente a las variedades Bukhara-6 y Bukhara-8. También encontramos otras variedades, aunque en periodo de pruebas como la variedad Jandar Kudrati o la variedad Bukhara-10 que no siempre llegan a cultivarse por la explotaciones que poseen estas cuotas de producción.



Annex 2 No. 518 of 21 September 2017 of the Governor of the Province

Plan of placement of cotton by varieties for the 2018 harvest in the districts of Bukhara region

Name of districts	Field for sowing seeds, ha	By varieties, including:						
		Early varieties		Total	Medium varieties		Total	New variety
		Bukhara-102	Porlok-2		Bukhara-6	Bukhara-8		
Bukhara	8477		2000	2000	2288	2189	4477	2000
Vabkent	9870				3158	5712	8870	1000
Jandar	13600				4896	7204	12100	1500
Kogon	6952	5952		5952			0	1000
Korakul	9750		100	100	2900	5750	8650	1000
Koravulbazar	5555				3555		3555	2000
Olot	8320		500	500	2900	3420	6320	1500
Peshku	9508	1400		1400		6108	6108	2000
Ramitan	11758		350	350	6100	3658	9758	1650
Shafirkan	9690				5945	338	6283	3407
Gijduvan	10070				5236	3834	9070	1000
Bukhara c.	250					250	250	
Total:	**103800**	**7352**	**2950**	**10302**	**36978**	**38463**	**75441**	**18057**

Head of the Secretariat of the regional administration: N. Maxmudov

Figura 2.1 Cuotas asignadas de algodón por variedades en Bujará para 2018 (Elaboración propia, 2018)

El aprovechamiento principal del algodonero es la producción de fibra textil. La semilla produce del 18 al 20% de aceite comestible, y el orujo o torta se podría emplear para la alimentación ganadera. El turtó tiene una riqueza proteínica que varía del 35 al 50 % y sus proteínas son ricas en aminoácidos esenciales, tales como la metionina, lisina y triptófano. Además, la cáscara de la semilla también se emplea como combustible y para alimentación del ganado vacuno y ovino.

La borra obtenida en la desmotación se utiliza en la fabricación del algodón hidrófilo, colchones, fieltro y sus derivados, y también hilos para la fabricación de cuerdas, mechas para lámparas, bujías, paños de cocina, apósitos, etc. También se utiliza en la industria química para la fabricación de sustancias plásticas, lacas, películas cinematográficas, celofán, etc.

2.4.1 Fisiología y características

El algodón textil es una planta con raíces penetrantes de nutrición profunda (Ahmad y Hasanuzzaman, 2020). La planta consta de un aparato radicular profundo y penetrante (razón por la cual se adapta a casi todo tipo de suelo). Las raíces del algodonero necesitan terreno profundo y permeable para que respiren bien. Es bastante tolerante a la salinidad y no es muy exigente en fertilidad del suelo.

La parte aérea está compuesta de un eje principal o tallo erguido, donde parten una serie de nudos desde los cuales crecen ramas vegetativas, también denominadas monopodiales y que no tienen en principio órganos fructíferos, y ramas fructíferas, también denominadas simpodiales, son las que soportan los órganos fructíferos. Estas ramas se enumeran de abajo

arriba según el nudo a que correspondan (el numero 0 corresponde al nudo donde se encuentran los cotiledones).

Las flores son dialipétalas, con cuatro brácteas y estambres numerosos que envuelven el pistilo. Es una planta autógama, aunque algunas flores abren antes de la fecundación, produciéndose semillas híbridas.

Figura 2.2 Flor del algodón (Elaboración propia, 2015)

El fruto es una cápsula con tres a cinco carpelos, que tiene seis a diez semillas cada uno. Las células epidérmicas de las semillas constituyen la fibra llamada algodón. La longitud de la fibra varía entre 20 y 45 mm, y el calibre, entre 15 y 25 micras. Después de la maduración del fruto se produce la dehiscencia, abrién-dose la cápsula. La floración del algodonero es escalonada, por lo que la recolección es también escalonada.

Figura 2.3 Fruto del algodón (Elaboración propia, 2015)

USC UNIVERSIDADE DE SANTIAGO DE COMPOSTELA

Tal y como se describe en el texto de manual de Ahmad y Hasanuzzaman (2020), el algodonero procede de climas tropicales, pero se cultiva entre los 42° de latitud Norte y los 35º de latitud Sur, excepto en las zonas del Ecuador, donde el exceso de lluvia dificulta su explotación.

En la cuenca del Mar de Aral, el algodón se siembra en abril y se cosecha aproximadamente al cabo de 5 meses dependiendo de las características de los suelos.

Tabla 2.1 Ciclo del cultivo del algodón (Elaboración propia, 2009)

Proceso	Duración del período (días)	Días transcurridos desde la germinación
Siembra	0	0
Emergencia	5-15	0
Inicio Floración	50-55	50-55
Fin Floración útil	30-35	85
Inicio apertura cápsulas	15-20	100-105
Fin apertura cápsula	40	145

En cuanto a las temperaturas, existen variedades precoces de 3.500º C de integral térmica y variedades de ciclo largo de 4.000° C. El algodonero no germina por debajo de los 14° C y es una planta que necesita altas temperaturas. Su germinación es muy delicada, teniendo que estar el terreno en muy buen tempero. Si no tiene la humedad apropiada, no nace, y si se excede de humedad, se pudren las semillas. Si después de nacer, se producen días algo fríos, la planta muere y obliga a efectuar resiembras.

Durante los treinta días que preceden a la floración, el algodón es muy sensible a la sequía. La polinización y cuajado de cápsulas se hace mejor en tiempo seco, aunque con humedad en el terreno. La maduración y apertura de frutos exige mucha luz y temperatura y le son muy perjudiciales las lluvias de otoño, en esta región casi inexistentes, aunque en algún año se alcancen los 30-40 mm de precipitación en noviembre y diciembre.

La fase final del crecimiento de las plantas de algodón, antes de la apertura de las cápsulas, se caracteriza por el predominio de frutos, la ausencia general de pimpollos, flores y el cese del crecimiento. De acuerdo con la terminología más reciente, se alcanza el cut-out (Etapa de Fin de Floración Efectiva) cuando se cuentan cinco nodos por encima de la última flor blanca.

2.4.2 Manejo del cultivo

En este capítulo describiremos las principales labores practicadas en el cultivo de algodón en regadío en la provincia de Bujará. Concretamente, nos centraremos en las labores de preparación del terreno y binado, siembra, abonado, aplicación de herbicidas, resiembra, despunte y recolección.

2.4.2.1 Preparación del terreno

Dado que el algodón tiene raíces penetrantes, se realiza siempre una labor de alzar profunda en otoño, como mínimo con una profundidad de 35 a 40 cm. Además, como el algodón tiene una raíz principal pivotante, se suele dar un subsolado de forma que la línea de siembra coincida luego con las rejas del subsolador, para que la raíz principal profundice lo más posible.

USC UNIVERSIDADE DE SANTIAGO DE COMPOSTELA

Esta labor permite acumular y retener humedad en el suelo a expensas de las precipitaciones que puedan producirse en otoño e invierno. A pesar de la escasa pluviometría de la región, la estación lluviosa, abarca los meses de invierno (diciembre, enero, febrero y marzo) lo que, junto con la precipitación otoñal más escasa, representa cerca del 75% de la

precipitación media anual. Además, esta labor profunda favorece el control de adventicias, las malezas perennes se reducen en un 50-60%, mejora la estructura del suelo, hace que el granulado sea fino y reduce la densidad del suelo.

Es importante realizar esta tarea en el momento adecuado. Si el arado de otoño se realiza en la segunda quincena de octubre, desde principios de noviembre hasta finales de diciembre, antes de que la superficie del suelo se hiele y congele, el suelo estará bien removido consiguiendo una buena estructura y triturada. Si el suelo se hiela y se enfría, no se puede arar bien, y al no cumplir los requisitos agronómicos con este arado de otoño, no se alcanza el objetivo perseguido, una buena estructura del suelo agrícola.

En suelos de baja fertilidad, con alta presencia de arena y grava, el arado de otoño debe realizarse a una profundidad inferior, como máximo 30 cm, para que la arena y la grava no se mezclen con las capas inferiores del suelo. Tradicionalmente, esta labor se completa con un arado en primavera y/o en verano.

Para preparar el suelo para el riego, a la labor de alzar han de seguir labores de escarificador y de grada y, finalmente, debe pasarse un rulo para dejar la tierra lo más llana y fina posible antes de la siembra. En la preparación del terreno la última labor es la nivelación de las parcelas para permitir uniformidades de riego por inundación lo más altas posibles.

Figura 2.4 Arado de otoño en Bujará (Elaboración propia, 2016)

El lavado de sales solubles representa una técnica deseable en Bujará, pues de lo contrario, estas se acumulan en proporción directa a la cantidad presente en el agua y a la lámina de riego aplicada en el riego por superficie. La práctica habitual es realizar uno o dos riegos por inundación en la temporada más conveniente.

2.4.2.2 Siembra

La siembra del algodonero requiere especial cuidado, ya que la nascencia de esta planta es extremadamente delicada. El terreno debe estar con el tempero necesario, por lo que es necesario dar un riego superficial previo. Este aporte de humedad se realiza antes de la siembra ya que si se riega posteriormente a la siembra se puede formar una costra en la superficie del suelo que dificulta la nascencia. La fuerza que tienen las plántulas para nacer es muy pequeña, por lo que, en estas circunstancias, se pierde mucha semilla. Además, el riego

posterior a la siembra disminuye la temperatura de la tierra y retrasa la nascencia, con lo que, además, se favorecen las enfermedades criptogámicas.

La elección adecuada de la fecha de siembra representa un punto delicado. La fecha elegida para sembrar suele ser en las primeras semanas de abril. Según los técnicos de la explotación piloto Rustam Fayz, está elección depende de la variedad autorizada, los tipos de suelo, la disponibilidad de maquinaria en las cooperativas que prestan este servicio (para realizar la siembra en pocos días) y de la climatología. Por la circunstancia expuestas, la siembra ha de hacerse en muy pocos días. Si las extensiones a sembrar son considerables hay que disponer la maquinaria suficiente para hacerlo en un plazo no superior a ocho o diez días.

Figura 2.5 Siembra en abril en Bujará (Elaboración propia, 2016)

La siembra se realiza con sembradoras de semi precisión, en líneas separadas 70 cm, si va a ser recogida a mano, y a 96 o 100 cm si la recolección se hace con cosechadora.

En la última década, el empleo de semilla desborrada químicamente ha permitido reducir la cantidad de 70 kg/ha a 60 kg/ha, en regadío por superficie. Esta técnica evita el aclareo o disminuye este gasto.

En el algodonero se dan varias labores de binado con cultivador normalmente chisel. En el regadío, la mayor importancia del binado está en combatir las malas hierbas, lo que es particularmente importante en la primera fase del desarrollo del algodonero, que es planta, sobre todo en esta época, poco competitiva. En algunas explotaciones, en el riego a manta, después de varios pases de cultivador, se pasa un arado pequeño de doble vertedera antes de que empiecen los riegos, y con el fin de dejar el terreno asurcado.

2.4.2.3 Abonado

Como la mayoría de los cultivos de algodón se sucede en áreas salinas no lavadas, el abonado de fondo se debe ejecutar antes de realizar las labores del arado en otoño. En cuanto al abonado de fondo, las pautas generales aconsejan aportan la dosis anual de fertilizantes de fósforo (100-120 kg/ha en forma pura o 200-250 kg/ha en forma de amonium phosfate) y los fertilizantes de potasio (90-100 kg/ha en potasio puro o 110-130 kg/ha de fertilizante de cloruro de potasio) y aportes de fertilizante local en la medida de las disponibilidades. Las aplicaciones totales (fondo y cobertera) de fósforo (P) y potasio (K) recomendadas son de 100-120 kg/ha de P_2O_5 y 90-100 kg/ha de K_2O.

El abonado nitrogenado se realiza principalmente en cobertera (el 70% del aporte anual) con altas dosis para garantizar altas producciones. Los abonados nitrogenados de cobertera se suelen hacer en dos veces, la primera inmediatamente después del aclare, y la segunda veinte o treinta días después. En algunas explotaciones lo realizan en tres veces, pero al realizar abonados de cobertera tardíos, se prolonga demasiado el ciclo. El aporte de Nitrógeno (N) se realiza a partir del amofos (fosfato amónico o de amonio), estiércol, urea, nitrato amónico y sulfato amónico principalmente.

Una tonelada de algodón supone una extracción media de 60 Kg de N, 25 Kg de P_20_5 y 48 Kg de K_20. Considerando que las producciones medias en Bujará pueden alcanzan rendimientos que llegan a los 3.000 kg/ha, el abonado anual recomendado responde a las siguientes cantidades:

Tabla 2.2 Dosificación para el abonado (Elaboración propia, 2019)

Unidades de abono	Abonado de Fondo	Abonado de Cobertera (2 aportaciones)
Nitrógeno (N)	50	100
Fósforo (P_20_5)	100-120	-
Potasio (K_20)	90-100	-

A partir de estas dosis medias en el área de estudio, la aplicación concreta varía en cada explotación en función de la maquinaria disponible y de los principios empleados. En la siguiente tabla se recogen los factores físicos de conversión en los fertilizantes más comunes en Bujará.

Tabla 2.3 Factores de conversión de los principios fertilizantes (Elaboración propia, 2019)

Fertilizantes minerales	Factor de conversión
Nitrato de amonio (34% N)	2,94
Urea (46% N)	2,17
Sulfato de amonio (20,5% N)	4,88
Agua amoniacal (16,4-20,5% N)	6,09-4,88
Superfosfato 20% (P_20_5)	5,00
Superfosfato 15% (P_20_5)	6,67
Fosfato de amonio (11-12% N; 46% P_20_5)	2,17
Superfosfato simple (11-14% P_20_5)	9,09-7,14
Nitrógeno y Fósforo, UFAU (10% N; 10% P_20_5)	10
Compuestos NKFU (6% N; 16% P_20_5)	6,2-7,1
Superfosfato de cal (10% N; 22-23% P_20_5; 6-8% S)	4,3-4,5
Cloruro de potasio (45-60% K_20)	1,78-1,66

2.4.2.4 Lavado de sales

La región de Bujará, con una superficie total de 40.300 km², dispone de alrededor del 5%, 275.100 hectáreas de tierra cultivable (CAWater-IS, 2020) de la cual el 25,3%, 69.600 hectáreas, están muy fuertemente, o fuertemente afectadas por la salinidad (Rahimov y otros, 2020a).

El lavado de sales consiste en realizar un aporte extra de agua de riego en invierno para que se infiltre a zonas profundas lavando las sales y resulta fundamental en el riego por inundación. La profundidad de la localización de las aguas subterráneas y su mineralización

son importantes en la salinización de los suelos salinos en condiciones de escasez de agua. La única manera de eliminar la sal del suelo es lavarlo con un riego o con un exceso de agua de riego. La práctica habitual en esta región consiste en, una vez realizada la labor con un arado y una nivelación laser de la parcela, dependiendo del nivel de salinidad del suelo, se aplica un riego de 2.000 a 2.500 metros cúbicos por hectárea. En el caso de suelos fuertemente salinos se realizan dos aplicaciones de 2.000 metros cúbicos por hectárea.

Para que este lavado sea efectivo, en función de la composición mecánica del suelo, la permeabilidad al agua, la pendiente del suelo y el grado de nivelación, se dividen las parcelas en canteros de 0,15-0,35 hectáreas con pendientes uniformes.

Para ello, utilizando una niveladora de zanjas tipo KZU-0.3, se obtienen márgenes longitudinales a una altura de 50-60 cm cada 50 metros, y después de obtener dos márgenes largos, se obtienen los caballones. La distancia entre los márgenes transversales debe ser de unos 30-50 metros, y la altura debe ser de 50-60 cm. Una vez lavados los suelos salinos, los márgenes se nivelan con una fresadora que, además, permite retener su humedad. La nivelación del terreno desempeña un papel especial en el lavado de las sales del suelo, ya que, en caso de una mala nivelación, las sales se acumularán en los lugares altos del relieve.

Figura 2.6 Nivelación con láser (Elaboración propia, 2014)

La correcta nivelación del terreno presenta otros beneficios como el incremento de la uniformidad de distribución del agua de riego, permitiendo que todos los puntos de la parcela reciban una dosis semejante de agua.

2.4.2.5 Otras labores culturales

Mencionar brevemente en este apartado otras tareas como la aplicación de fitosanitarios, defoliantes y bioestimuladores.

El uso de fitosanitarios, excesivo en esta zona según Rakhmatullaev y otros (2012), tiene como objetivo el control de plagas e insectos que provocan grandes daños en el cultivo del algodón. La plaga que condiciona el cultivo en mayor medida es "*Helicoverpa armígera*" hasta el punto de que la mitigación de sus daños interfiere en numerosas prácticas agronómicas y llega a desarrollar hasta 3 generaciones en el cultivo. La segunda plaga en importancia es un lepidóptero específico del algodón: el gusano rosado, "*Pectinophora gossypiella*". Las plagas

de insectos representan un gran obstáculo para incrementar la productividad a causa de las pérdidas y del costo de los insecticidas empleados para combatirlas.

La función de los defoliantes es básica ya que durante la estación de crecimiento la función de las hojas es proveer nutrientes a los frutos en desarrollo, pero cuando el cultivo está completamente maduro, las hojas ya han cumplido su función y su separación es beneficiosa por lo que esta reducción del follaje es importante en la obtención de fibra de alta calidad. El uso de defoliantes favorece la redistribución de nutrientes lo que acelera la maduración de las vainas en un 28-43%, lo que asegura la apertura del 80-88% de las vainas en 12-15 días. Otro aspecto muy importante es que la defoliación oportuna y de alta calidad garantiza el funcionamiento eficaz de las máquinas de recolección de algodón y aumenta la productividad de la cosecha manual en un 15-20%.

El uso de bioestimuladores o reguladores de crecimiento que anticipan la madurez, permite aportar más nitrógeno, ya que el alargamiento del ciclo que el nitrógeno produce se ve compensado por la acción de la enzima. Estos productos favorecen la disminución de la longitud de los entrenudos y, en consecuencia, el adelanto en la madurez. Los algodones tratados con este producto tienen menos necesidad de cortar pronto los riegos, ya que el objetivo de ello no es más que adelantar la madurez para permitir una recolección más temprana y con mayor proporción de frutos abiertos en la primera recogida.

Otra tarea importante es el despunte o "pellizco" que consiste en eliminar los brotes herbáceos de las ramas más altas al comienzo de la formación de la cápsula para detener el desarrollo vegetativo de la planta. Se puede realizar de forma manual so con productos químicos que originen disminución en el crecimiento de la planta. El despunte acelera la maduración de la fibra y la apertura de la cápsula y reduce el encajamiento de la planta.

2.5. EL RIEGO

El aporte de agua a los cultivos constituye una técnica empleada desde la antigüedad en aquellas zonas donde por la escasez, o la irregularidad, de las precipitaciones hacen necesaria esta técnica para permitir la obtención de producciones agrícolas. Es importante comentar que la producción de algodón en el área de estudio (Bujará, Uzbekistán) se produce con pluviometrías que rondan los 160 mm anuales, totalmente insuficientes para permitir este cultivo. Para la correcta elección y manejo del riego debe conocerse las necesidades hídricas de los diferentes cultivos y las características del suelo. También resulta muy importante tener en consideración otros aspectos como el origen del agua de riego, el nivel tecnológico del sistema de transporte y distribución del agua empleado o la cultura regante de los agricultores.

Perrier (1985) definió las necesidades hídricas de un cultivo como el volumen de agua requerido para el proceso de evapotranspiración, desde la siembra o plantación hasta la recolección, de un cultivo dado en una región climática específica, cuando el contenido de agua del suelo está mantenido suficientemente por las precipitaciones y/o el riego, de tal forma que ésta no limita el crecimiento de las plantas o el rendimiento de los cultivos.

Tabla 2.4 Principales factores que intervienen en las necesidades hídricas de un cultivo (Cuesta, 2002)

Demanda climática	Naturaleza del suelo	Fisiología de la planta	Agronómicos	Geográficos
Temperatura Insolación Viento Humedad Precipitación	Textura del suelo Profundidad Reserva útil Ascenso capilar	Índice foliar Densidad de plantación Estado de desarrollo	Laboreo del suelo Rotación de cultivos Densidad de plantación	Extensión del área Condiciones climáticas de borde del área considerada

Las necesidades hídricas netas de los cultivos se determinan en función del clima, de la evapotranspiración potencial, de la precipitación y de las características propias del cultivo (Dechmi, 1999). Brouwer (1990) definió las necesidades netas de los cultivos como la cantidad de agua que debemos aportar a un cultivo, además de la precipitación, para compensar las pérdidas producidas por la evapotranspiración, sin considerar la eficiencia del riego.

A partir de estas necesidades hídricas se puede calcular las dosis y calendarios de riego para un cultivo. A pesar de que existen numerosas, y muy distintas, metodologías para el cálculo de las dosis necesarias para cada cultivo, zona y parámetros climáticos, los métodos de cálculo más utilizados han sido desarrollados en los últimos años. Destaca entre ellos el método adoptado por la FAO y descrito en el manual de riego y drenaje nº 24 (Doorenbos y Pruitt, 1990).

Los métodos de riego pueden clasificarse del siguiente modo (Pereira y Trout, 1999):

Tabla 2.5 Métodos de riego (Pereira y Trout, 1999)

Riego de superficie o por gravedad	Diferencia entre el riego por inundación y por escurrimiento; ambos sin o con surcos. También hemos de definir las condiciones aguas abajo en el riego por escorrentía.
Riego por aspersión	Que puede ser con sistemas estáticos y disposición en cuadrícula, fijos o móviles, con sistemas móviles de cañón o ala sobre carro tirada por enrollador o por cable, y sistemas de lateral móvil, pivotante o de desplazamiento lineal.
Riego localizado o microrriego	Riego por goteo, por difusores o borboteadores ("bubblers"), por tubos perforados o porosos, microaspersión y el riego subsuperficial por tubos perforados y tubos porosos.
Riego subterráneo	Realizado por control de la profundidad de la capa freática.

Según Pereira y otros (2010), "se entiende por método de riego al conjunto de aspectos que caracterizan el modo de aplicar el agua a las parcelas regadas y se entiende por sistema de riego al conjunto de equipamientos y técnicas que proporcionan esa aplicación siguiendo un método dado". Según estos autores, el término sistemas de riego es también utilizado para referir el conjunto de equipamientos y técnicas de gestión que aseguran la captación del agua, su almacenamiento, transporte y distribución a los regantes.

Aunque el algodón crece en una gran variedad de suelos y de climas, su cultivo comercial se realiza mayoritariamente en regadío. Los requerimientos de agua están determinados por el clima y el suelo. El régimen de riego tiene una gran influencia en la tasa de crecimiento vegetativo, comenzando desde el día 70-80. El crecimiento exagerado disminuye el rendimiento (Cetin y Bilgel, 2002). El rendimiento máximo tiene lugar cuando la planta muestra un leve estrés de agua. Por esta razón, en zonas más húmedas es muy común comenzar a regar el algodón luego de que se haya utilizado una cantidad de agua del suelo, permitiendo el agotamiento del 40-50% de la humedad disponible hasta una profundidad de 90 cm. En esta región nos vemos obligados a realizar aportes de agua en épocas más tempranas.

Normalmente la fase crítica del riego se inicia con el surgimiento del primer capullo o la primera flor. Hasta ese momento el riego se realiza únicamente para garantizar la emergencia de la planta o para mantener el nivel de humedad en el período de germinación. Durante la fase de elongación de la fibra y el crecimiento de la cápsula, el desarrollo de la fibra es muy sensible a las condiciones ambientales adversas. Una baja disponibilidad de agua, la presencia de temperaturas extremas y las carencias de nutrientes (especialmente potasio) pueden reducir la longitud final de la fibra (Ahmad y Hasanuzzaman, 2020). La cantidad necesaria de agua para la temporada completa es de 360-900 mm dependiendo de estos factores condicionantes.

El manejo del riego y los métodos de programación están basados en las condiciones climáticas y en el modelo vegetativo de la tasa de crecimiento del cultivo, es decir, midiendo la elongación diaria de los internodos y la altura de la planta. El objetivo es mantener una proporción óptima de crecimiento de las partes productivas y de las vegetativas. Disponer de muy poca agua provoca un déficit asociado con problemas en la formación del fruto y bajos rendimientos. Por otro lado, un riego muy frecuente puede causar un crecimiento vegetativo excesivo, no asociado con mayores rendimientos.

Tabla 2.6 Distribución de la dosis de riego según periodo vegetativo (Elaboración propia, 2020)

Fase	Duración media (días)	Necesidades sobre el total de agua aplicada	Consideraciones
De siembra a emergencia	10-15	5%	Las necesidades son mínimas
De emergencia a botón floral	30-35	10%	Las necesidades son bajas y dependen del tipo de suelo y de la evapotranspiración.
De botón floral al inicio de la floración	20-25	10%	Es conveniente controlar la humedad en los suelos muy arenosos.
De floración a cut-out	55-70	60%	Es la fase crítica y coincide con la máxima evapotranspiración del cultivo. Son necesarios riegos frecuentes.
De cut-out a 50% de cápsulas abiertas	25-35	15%	Esta fase es importante ya que la falta de agua puede influir en las cápsulas maduras y en la calidad de la fibra.
De 50% a 100% de cápsulas abiertas	15-20	-	Se suspende el aporte de agua para favorecer el secado de la planta y adelantar la cosecha.

En función de estos parámetros, del tipo de suelo y del método de irrigación disponible se establecen los calendarios de riego que varían en cada distrito de la provincia de Bujará.

2.5.1 Riego por superficie

El riego por superficie, también denominado riego por gravedad, a manta o a pie, es todavía el sistema más extendido en todo el mundo, incluida Asia Central, con más del 90% del área regada mundial (Pereira y Trout, 1999). La mayoría de los sistemas de riego por gravedad son fruto de la experiencia local y de procesos de ensayo-error. Este tipo de riego fue el primer sistema en ser aplicado, pero el último en ser analizado de forma completa (Cuesta, 2002). Ha sido en las últimas décadas del siglo pasado cuando se han desarrollado procedimientos de diseño de este sistema de riego, que todavía hoy es el más complicado de diseñar y manejar (Playán y Faci, 1998).

En 2019, la superficie agraria en regadío en la provincia de Bujará (Uzbekistán) fue de 275.100 ha con un consumo de 3.684,5 hm^3 (MAWR. 2020) gracias a una extensa red de distribución formada por casi 1.600 km de canales interregionales, 14.724 km de canales con carácter regional y junto con 7.680,1 km de colectores de desagües. Los sistemas de riego practicados en la agricultura extensiva, mayoritaria en la región, son el riego por inundación y el riego por surcos donde el agua fluye por gravedad, utilizándose la superficie del suelo agrícola como parte del sistema de distribución del agua.

Al utilizar la gravedad para distribuir el agua desde los canales, y debido a la infiltración del agua en el suelo, el caudal va disminuyendo a lo largo de la parcela regada. Para conseguir un riego idóneo resulta imprescindible alcanzar el equilibrio entre el avance del agua y su infiltración. Así, se permite la uniformidad de la lámina infiltrada y, por tanto, que todas las plantas dispongan de la misma cantidad de agua (Neira y otros, 2005).

En demasiados regadíos tradicionales de la zona se utilizan métodos de riego por superficie mal diseñados y manejados de forma incorrecta lo cual origina unos consumos muy

elevados de agua de riego a causa de la baja eficiencia en parcela. Esto da lugar a pérdidas por percolación profunda y escorrentía superficial y la consiguiente salinización de las aguas de retorno de riego.

Figura 2.7 Riego por inundación de algodón (Elaboración propia, 2018)

El riego por gravedad, aunque presenta algunos inconvenientes, también presenta grandes ventajas con relación a otros métodos de irrigación. En efecto, Playán y Faci (1998) enumeró las ventajas y limitaciones del riego por superficie.

Tabla 2.7 Ventajas del riego por superficie (Adaptado de Playán y Faci, 1998)

Los riegos de superficie son, en general, fáciles de operar
El coste de la instalación no es muy alto
Se reduce sumamente el coste de nivelación cuando las tierras tengan topografía no demasiado ondulada
Los riegos de superficie están menos afectados por las condiciones climáticas y por la calidad del agua de riego que otros sistemas de riego a presión
No necesitan mano de obra cualificada
Las obras de control y regulación son baratas y duraderas

Tabla 2.8 Limitaciones del riego por superficie (Adaptado de Faci y otros, 2000)

La alta variabilidad espacial y temporal de distintas propiedades físicas del suelo afectan la distribución del agua en la parcela
Los trabajos de movimiento de tierras tienen un alto costo y causan problemas técnicos y agronómicos al dejar en superficie capas de subsuelo
Gran dificultad para aplicar riegos ligeros y frecuentes debido a que las dosis mínimas que se aplican serían demasiado altas
Incrementa los problemas de salinidad
Requiere el manejo de grandes volúmenes de agua
Con técnicas incorrectas se producen eficiencias en el riego muy bajas con grandes pérdidas por percolación y escorrentía

USC UNIVERSIDADE DE SANTIAGO DE COMPOSTELA

Un riego idóneo implica que la cantidad de agua que recibe la parte menos regada permita el normal desarrollo del cultivo y que no haya mucha diferencia entre la cantidad de agua que reciben todas las partes de la parcela regada. En este caso se habla de uniformidad de distribución y de eficiencia de aplicación elevadas.

El riego por gravedad se divide en cuatro fases que delimitan procesos hidráulicos distintos y que ayudan a la comprensión y análisis del movimiento del agua.

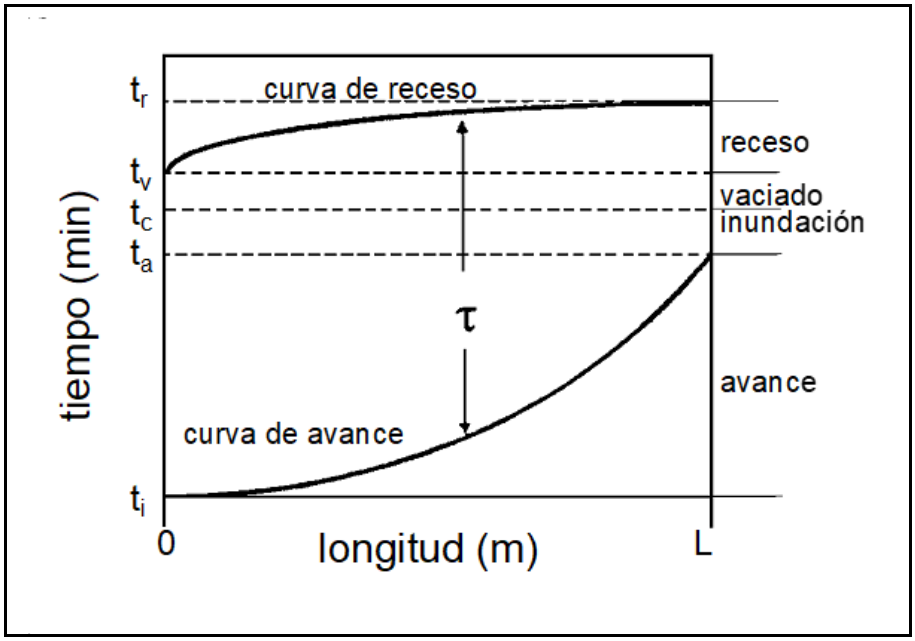


Figura 2.8 Diagrama de avance-receso (Cuesta, 2002)

Las diferentes fases del riego están separadas por los tiempos característicos, en los que se producen ciertas singularidades del riego (Cuesta, 2000):

Fase de avance: que comprende el tiempo desde el inicio del riego hasta que el frente de agua cubre la totalidad de la parcela.

Fase de inundación: que abarca desde el final de la fase de avance hasta el corte del riego.

Fase de vaciado: que comprende el intervalo entre el corte del riego y el comienzo de la desaparición del agua en la parcela.

Fase de receso: que se alarga desde el comienzo de la desaparición de agua hasta que se drene totalmente.

Aunque este método de distribución de agua a pie de finca se practica con variantes distintas, resulta difícil establecer tipos de riego por gravedad ya que, en ocasiones, las diferencias entre ellos no están claras. Por otra parte, las diferenciaciones responden en muchas circunstancias a métodos de manejo más que a categorías de diseño (Losada, 2008). Walker y Skogerboe (1987) reducen únicamente a cuatro clases los diferentes métodos: inundación, escurrimiento, por surcos inundados y por surcos en escorrentía. El método empleado mayoritariamente en el riego del cultivo de algodón en Uzbekistán es el de inundación por surcos inundados (Rahimov y otros, 2010).

El sistema de riego por inundación consiste en cubrir la superficie del suelo con una lámina de agua de un determinado espesor. La parcela debe ser sensiblemente llana y estar rodeada en su perímetro por un caballón de tierra. Debemos permitir que el agua permanezca el tiempo suficiente para que penetre por infiltración a la profundidad útil (Losada, 2008). De

esta manera el suelo alcanza una reserva de agua indispensable para el desarrollo de los cultivos.

El riego de inundación por surcos, o riego por surcos en inundación, consiste en ondular la superficie del suelo formando pequeños canales que recorren la totalidad de la superficie de la parcela. A lo largo de estos canales circula el agua de manera independiente. Este tipo de riego es agronómicamente aconsejable para cultivos sensibles al encharcamiento, dado que se siembra en la parte superior del surco. Una solución mixta entre este sistema y el riego por inundación es el riego por surcos inundados (Neira y otros, 2005).

Figura 2.9 Riego por surcos en inundación de algodón (Elaboración propia, 2017)

En la modalidad practicada en Uzbekistán, el regante permite la salida del agua desde el extremo aguas abajo de la parcela, lo que permite la reutilización de las aguas de drenaje (Dzhabbarov, 2005) a pesar de que esta práctica incrementa el riesgo potencial de salinidad.

Así pues, el riego por inundación se caracteriza por que las parcelas o tablares presentan una pendiente longitudinal muy suave o nula y disponen de un desagüe libre en su parte inferior destinado a un canal de drenaje. Junto a las características físicas de su suelo, la forma, tamaño y pendiente de los tablares son variables de proyecto y condicionan el resultado de las operaciones de riego (Cuesta, 2002). Para que el riego se realice correctamente, el suelo debe presentar una gran regularidad en su nivelación y un buen control técnico de las diferentes fases del riego.

2.5.1.1 Riego por superficie del algodón en Bujará

Como ya se ha indicado, el método empleado mayoritariamente en el riego del cultivo de algodón en Bujará es el riego por inundación con surcos. La técnica del riego por superficie obliga a realizar riegos puntuales en el tiempo que permitan distribuir el agua en parcela y aportar la dosis necesaria al cultivo para que quede retenida en la zona radicular.

Tradicionalmente la distancia entre surcos es de 90 cm para facilitar la mecanización, aunque, en esta última década, se empieza a cultivar en surcos con una separación de 60 cm. Además de por un aumento de la productividad, con distancias entre surcos de 0,90 m, un

solo riego o aplicación consume una media de 1.000-1.100 m^3/ha mientras que, con una separación entre hileras de 0,60 m, el consumo de agua es de 760-880 m^3/ha. Esto permite que, cuando el algodón se cultiva con una separación entre surcos de 60 cm, sea posible realizar entre 4 y 8 riegos según el tipo de suelos y, como resultado, se ahorra un 18-23% de agua.

El tipo de suelo también condiciona las dimensiones de los surcos, con mayores profundidades para suelos con baja permeabilidad al agua y menores para suelos ligeros y arenosos. De lo contrario, el agua de riego del algodón no humedece el suelo lo suficiente y obliga a realizar riegos con más frecuencia, lo que retrasa el crecimiento y el desarrollo de la planta.

El momento del riego se decide en función del periodo vegetativo del algodón. Las diferentes fases del cultivo descritas en la Tabla 2.1 emplean criterios para la determinación del momento de riego del algodón en función de los signos externos de la planta.

Diferenciamos tres períodos: hasta la floración; apertura de las cápsulas (entre el fin de la floración útil y el inicio de la apertura de las cápsulas) y maduración (finalización de la apertura de la cápsula del algodón). El mes previo a la floración, el algodón es muy sensible a la sequía, se determina la necesidad de riego al observar el marchitamiento débil de las hojas y la disminución de su turgencia. También se emplea como un indicador el color de las hojas.

Tabla 2.9 Distribución del volumen de agua de riego (Elaboración propia, 2020)

Proceso	Volumen de agua sobre el total aplicado	Duración de cada riego	Intervalo entre riegos
Hasta la floración	20-25 %	14-16 horas	12-14 días
Apertura de las cápsulas	60-65 %	24-28 horas	14-16 días
Maduración	15-20 %	16-18 horas	16-22 días

En cuanto al volumen y número de riegos se decide en la explotación en función del marco de plantación (determinado por la distancia entre surcos), del tipo de suelo y de las circunstancias particulares de cada explotación sin que exista un asesoramiento al regante. En la siguiente tabla se exponen valores medios para la región recogidos mediante encuentros con los agricultores.

Tabla 2.10 Volumen por riego y número de riegos según tipo de suelo (Elaboración propia, 2017)

Tipos de suelo	Hasta la floración		Apertura de las cápsulas		Maduración	
	Número de riegos	Aplicación por riego (m^3/ha)	Número de riegos	Aplicación por riego (m^3/ha)	Número de riegos	Aplicación por riego (m^3/ha)
Yermosoles o Xerosoles (franco arenoso)	2-3	500-600	3-4	700-800	1-2	600
Yermosoles o Xerosoles (franco medio)	2	600-700	3-4	800-900	1	700
Takyricos y Xerosoles cálcicos	2	700	3-4	1.000-1.100	1	700
Gleysoles Calcáricos y eútricos	1	700-800	2-3	700-800	-	-

USC

2.5.2 Riego por goteo

El riego por goteo constituye una modalidad del riego localizado (Haanson y otros, 1995). Este método de riego a presión consiste en aplicar el agua directamente en la zona de la parcela en la que se desarrollan el sistema radicular de la planta.

La aplicación del agua en riego localizado exige una red de distribución a presión con conducciones principales, secundarias, terciarias y ramales portaemisores. Normalmente esta red está enterradas a excepción de los ramales. Los dispositivos, a partir de los cuales se aplica el agua al suelo, y en la zona radicular, se denominan emisores, los cuales se colocan equidistantes en el lateral, o por grupos en el caso de algunos cultivos leñosos.

Además del riego por goteo, el riego localizado contempla el riego por microaspersión, el riego a chorros y el riego subsuperficial. La característica fundamental que diferencia el riego por goteo es el tipo de emisores empleados (goteros).

Figura 2.10 Gotero en algodón (Elaboración propia, 2020)

El interés del riego por goteo radica en su capacidad de reducir el consumo de agua y los costes asociados al riego. El agua se aplica localmente en la zona radicular (bulbo) con caudales muy pequeños (entre 1 y 8 litros por hora). Este hecho permite regar sin sufrir pérdidas por escorrentía, percolación y evaporación. El riego por goteo reduce los costes de mano de obra al no necesitarla para su funcionamiento, ya que se puede automatizar la regulación y el control, y facilita la fertirrigación y la aplicación de herbicidas, empleando el propio sistema de riego, con el consiguiente ahorro de productos químicos.

Además del riego por goteo, el riego localizado contempla el riego por microaspersión, el riego a chorros y el riego subsuperficial. La característica fundamental que diferencia el riego por goteo es el tipo de emisores empleados (goteros).

La aplicación del agua en riego localizado exige una red de distribución a presión con conducciones principales, secundarias, terciarias y ramales portaemisores. Normalmente esta red está enterradas a excepción de los ramales. Los dispositivos, a partir de los cuales se aplica el agua al suelo, y en la zona radicular, se denominan emisores, los cuales se colocan equidistantes en el lateral, o por grupos en el caso de algunos cultivos leñosos.

El riego por goteo no favorece el crecimiento de malas hierbas y de especies adventicias, lo que incrementa la eficacia y reduce los costes de las operaciones de control de malas hierbas. Otra aventaja, es que, dado que la superficie comprendida entre los portaemisores no se riega, las labores y operaciones agrícolas de cultivo pueden realizarse en cualquier época del año independientemente del estado fenológico del cultivo. En los cultivos hortícolas, cultivos herbáceos extensivos en línea y, concretamente, en el cultivo del algodón, la zona

situada entre los portagoteros que es por donde se desplazan los trabajadores y la maquinaria permanece relativamente seca, lo que facilita el trabajo.

El riego por goteo, cuando se realiza con una frecuencia alta, permite mantener baja la concentración de la solución del suelo, lo que hace posible la utilización de agua con un contenido en sales elevado. Esto resulta de gran importancia en la zona de estudio donde existe un problema en la gestión del agua agrícola y en la salinidad de los suelos.

Los sistemas de riego localizado pueden diseños más flexibles que el riego por superficie o aspersión en lo relativo a las exigencias topográfica o de nivelación, pedregosidad, tipos y profundidades de suelo.

El riego por goteo también presenta algunos inconvenientes (Pereira y otros, 2010). Así, los costes de las instalaciones son superiores a los de los sistemas de aspersión y muy superiores a los métodos de riego por gravedad. Especialmente en este trabajo tenemos que comentar las particularidades de este riego en relación con la salinidad de los suelos. Las sales se concentran generalmente en la superficie del suelo y en los bordes del bulbo mojado, constituyendo un riesgo potencial de que la lluvia, incluso ligera, pueda arrastrarlas dentro de la zona radicular. Para evitar este tipo de problemas, y hacer que el movimiento del agua sea siempre desde los emisores hacia el exterior del bulbo mojado, los riegos en suelos salinos, o con aguas salinas, deben ser muy frecuentes.

2.5.2.1 Riego localizado del algodón en Bujará

El desarrollo en la región de las nuevas tecnologías de riego, como el riego por aspersión, el riego localizado por goteo, el acolchado con plásticos y las mejoras técnicas en el transporte de agua a presión pueden representar una oportunidad de mejora para la sociedad uzbeka. En el año 2018, y en este contexto, el Presidente de la República de Uzbekistán aprobó el programa “Current tasks arising from the organization of the implementation of the instructions to be done in the field of water management” (NAPM, 2019) y, ya en el año 2019, el Decreto "On measures for the efficient use of land and water resources in agriculture" (NAPM, 2020). En este texto se establece como objetivo futuro la introducción de nuevas tecnologías de riego en 253.381 hectáreas para el período 2019-2022.

Figura 2.11 Instalación de riego por goteo en Rustam Fayz (Elaboración propia, 2019)

USC UNIVERSIDADE DE SANTIAGO DE COMPOSTELA

A pesar de que en los planes de 2018 se preveía la transformación en riego por goteo de 1.180 ha. en la provincia de Bujará, únicamente se alcanzó la superficie de 470 ha. En el Decreto 2019 se prevé para el periodo 2019-2020 alcanzar una superficie en riego localizado por goteo de 7.565 ha. en el año 2020.

El diseño de la red de riego ejecutado en Rustam Fayz en 2019 consiste en una instalación de riego localizado por goteo en superficie con tuberías portagoteros dispuestas entre cada dos líneas de planta con goteros integrados de 1,6 l/h espaciados 0,5 m. Con la finalidad de lograr la mayor eficiencia energética, la instalación domina una superficie de 21 hectáreas divididas en 3 sectores de riego con la misma superficie, 7 hectáreas.

Inicialmente se opera el sistema de riego por goteo de manera continua durante 3 semanas, a fin de germinar y conectar los bulbos húmedos correspondientes a cada gotero. Después, a decisión de los técnicos de la explotación, se programan los servicios de riego antes de la floración conforme a las necesidades del cultivo. Después de la floración, se riega continuamente hasta que se produce el despuntado, manual o químico, y finalmente se aplica agua con caudales bajos hasta que finaliza la apertura de las cápsulas.

El Instituto de Investigación Científica de Riego de Asia Central (SANIIRI) y la Estación Experimental Central del Instituto Nacional de Investigación del Cultivo del Algodón de Uzbekistán, a partir del cálculo de las tasas medias mensuales de evapotranspiración con cubetas tipo A, informan de las necesidades hídricas de los diferentes cultivos, especialmente del algodón. En este caso la dosis recomendada fue de 3.300 m^3 por hectárea para el riego por goteo del cultivo de algodón. Atendiendo a estas recomendaciones, y en función del diseño empleado mayoritariamente en estas instalaciones, los calendarios de riego recomendados son:

Tabla 2.11 Calendario de riegos por goteo en Bujará (Elaboración propia, 2020)

Período	Dosis aplicada (mm/día)	Tiempo de riego diario (horas)
De siembra a emergencia	1,0-1,5	2-3
De emergencia a inicio floración	1,0-2,0	2-3
De floración a 50% cápsulas abiertas	3,0-4,0	6-10
Finalización de la apertura de las cápsulas	2,0-3,0	5-8

USC UNIVERSIDADE DE SANTIAGO DE COMPOSTELA

3. DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

La zona de estudio elegida para este estudio es la provincia de Bujará, situada al suroeste de la República de Uzbekistán. Para la descripción de esta provincia he utilizado los datos publicados por diferentes organismos en el año 2020, de forma que estas magnitudes corresponden mayormente al ejercicio 2019 y, en algunos casos, a años anteriores.

3.1 DESCRIPCIÓN DE UZBEKISTÁN

La República de Uzbekistán, con una superficie: 447.400 km² está situada en Asia Central, y limita al norte y nordeste con Kazajistán, al sudoeste con Turkmenistán, al sur con Afganistán, al sudeste con Tayikistán y al nordeste con Kirguistán.

Figura 3.1 Localización de Uzbekistán en Asia Central (United Nations, 2020)

El territorio está surcado por dos grandes ríos, el Sir Darya, que nace en la cordillera Tian Shan, en Kirguistán, y el Amu Darya, que nace en el Pamir, entre Afganistán, China y Tayikistán. Ambos desembocan en el Mar de Aral, cuya progresiva desertificación constituye la mayor catástrofe ecológica de la región (Bekchanov y otros, 2018). El desierto de Kyzyl Kum, que también forma parte de Kazajistán, ocupa buena parte de las planicies del norte y del centro de Uzbekistán. Al este del desierto se encuentra el valle de Ferganá, un área fértil donde se concentra la producción agrícola, encajonada entre las cordilleras Tian Shan y Pamir-Alai, que separan Asia Central de China. Al oeste del país se extiende la meseta Ustyurt, territorio también compartido con Kazajistán en el cual el clima es árido y el suelo rocoso.

Según Peachey (2004), el territorio puede clasificarse en tres zonas diferenciadas:

- el desierto (Kyzyl Kum), la estepa y la región semiárida que cubre el 60% del territorio del país, principalmente las partes central y occidental;
- los valles fértiles (incluido el valle de Ferganá) que bordean los ríos Amu Darya y Sir Darya;
- las zonas montañosas del este con picos de unos 4.500 metros sobre el nivel del mar, en concreto las cordilleras Tien Shan y Gissar.

Figura 3.2 Mapa de Uzbekistán (FAO, 2012)

Sólo un 9% de la superficie del país es cultivable. Según la FAOSTAT (2020), en 2018, el área cultivada alcanzaba la cifra de 4,65 millones de hectáreas, de las cuales el 92,5% se encontraba en cultivos temporales y el 7,5% en cultivos permanentes.

En cuanto a la estructura de la tenencia de la propiedad de las explotaciones tierra agrarias, en 1994 (Kandiyoti, 2003), el suelo agrícola se dividió en:

• kolkhozs (granjas colectivas) y sovkhozs (granjas estatales), ocupan el 89,7%;

• propiedades gestionadas por empresas agroforestales, que ocupan el 8,1%;

• propiedades particulares (shirkats y, más tarde, granjas dehkan), correspondientes a explotaciones familiares cultivadas por sus propietarios, con una ocupación del 1,9%;

• superficie arrendada a los agricultores para la producción agrícola a largo plazo (arenda), que ocupa el 0,3%.

El kolkhoz constituye una gran explotación, donde se agrupan campesinos y técnicos, responsables de la gestión colectiva de los sistemas de producción y que debe entregar al estado la producción de determinados productos específicos. La particularidad que distingue a los sovkhozs es que estos fueron financiados en su totalidad por el presupuesto estatal y toda su producción debe ser entregada al estado. Los shirkats son grandes empresas agrícolas cooperativas, orientadas a la producción familiar y establecidas para reemplazar a los antiguos kolkhozs y sovkhozs. La producción de los shirkats también debe entregarse al estado. Los dehkan son pequeñas granjas familiares fruto de la lenta evolución de los kolkhozs y sovkhozs después de la independencia de la URSS.

Los rasgos típicos del clima de Uzbekistán son la sequía, la abundancia de clima cálido y ligero, el continental, que se manifiesta en la variación interanual e interna de elementos climáticos. La parte norte del territorio de la República de Uzbekistán se relaciona con bandas moderadas, del extremo sur a subtropicales (Toshov y otros, 2019).

Según Kogay (1969), en el clima influye la ubicación geográfica, la intensidad de la radiación solar, las características de la circulación atmosférica y el relieve del lugar. El territorio de Uzbekistán ocupa la parte central del continente de Eurasia, lejos de los océanos y los mares. Climatológicamente, predominan los días de sol, con muy escasas precipitaciones y con una variación considerable de temperatura diaria y anual (Toshov y Mirzaev, 2016). En las llanuras de Uzbekistán, en las estepas de Kizil Kum, Mirzachul y Karshi, se ha llegado a registrar valores de radiación entre los 280-330 W/m^2.

El período de radiación solar en Uzbekistán es mayor que en otros territorios situados en la misma latitud como el Mediterráneo o California (EEUU). Las características principales que definen el clima del país, con una alta temperatura del aire y del suelo y con un período extremadamente seco de verano, están determinadas en gran medida por la radiación solar (Toshov y otros, 2013). Los valores de la radiación solar, la ubicación cálida y geográfica de Uzbekistán en el centro de un extenso continente, lejos de los océanos, define la intensidad del clima continental.

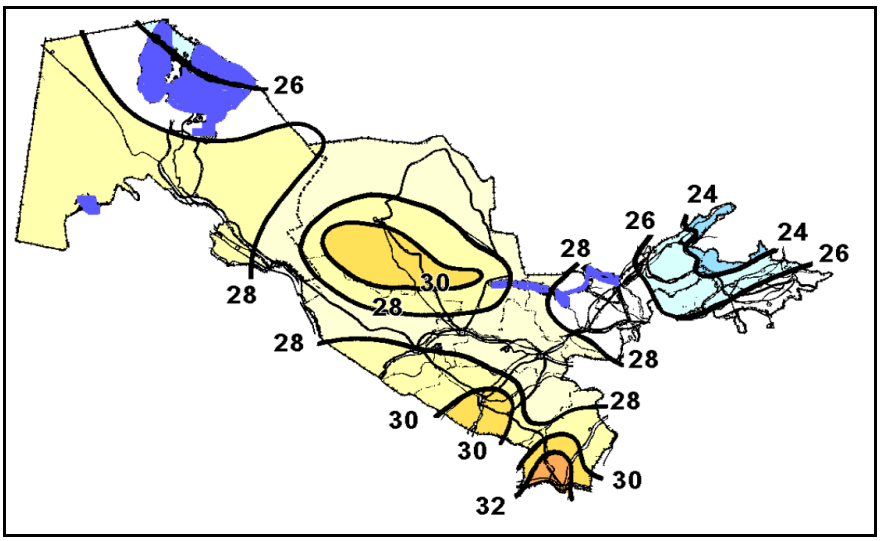


Figura 3.3 Régimen de temperaturas en julio (Toshov y otros, 2019)

En invierno, las entradas de aire frío procedente del Ártico y Siberia provocan significativos descensos de la temperatura. Desde el norte y el oeste, el territorio de Uzbekistán está abierto a la influencia de estas masas de aire. A menudo, las masas frías de aire ártico y el anticiclón de Siberia alcanzan la frontera sur del país. En el extremo sur, protegido de las intrusiones frías del norte con altas montañas, las temperaturas medias del aire en enero son positivas: +2 °C, + 3,5 °C.

En el valle del río Surkhandarya, cerrado por el flujo de aire frío con montañas, el invierno es más cálido que en otras regiones. Es relativamente frecuente que se produzcan precipitaciones, e incluso ciclones, al encontrarse el frente masas de aire templado con las masas tropicales.

La temperatura media en el mes de enero puede ser inferior a 0 °C. Por ejemplo, en Usturt alcanza los -10 °C, en Tashkent -1 °C y en Termez + 2,8 ° C. Son frecuentes los daños en

frutales y viñedos por las fuertes heladas, provocadas por la penetración de las masas de aire frío del Ártico y Siberia.

En verano, en los valles se forman masas de aire cálido y el aire se vuelve seco y caliente, saturado por polvo de pequeño tamaño. El verano en la República se puede definir como seco y caluroso (Kuziev y Sectimenko, 2009). La temperatura media en julio es de 32-33,5 °C en el norte, en Usturt, y 36-37,5 °C en el sur, Termez (Figura 3.3). En esta localidad, Termez, se registró el máximo absoluto con un valor de 50,5 °C en 1912.

La primavera en Uzbekistán es húmeda, breve e inestable climáticamente. El otoño se caracteriza por el clima suave y una caída de las temperaturas en interior.

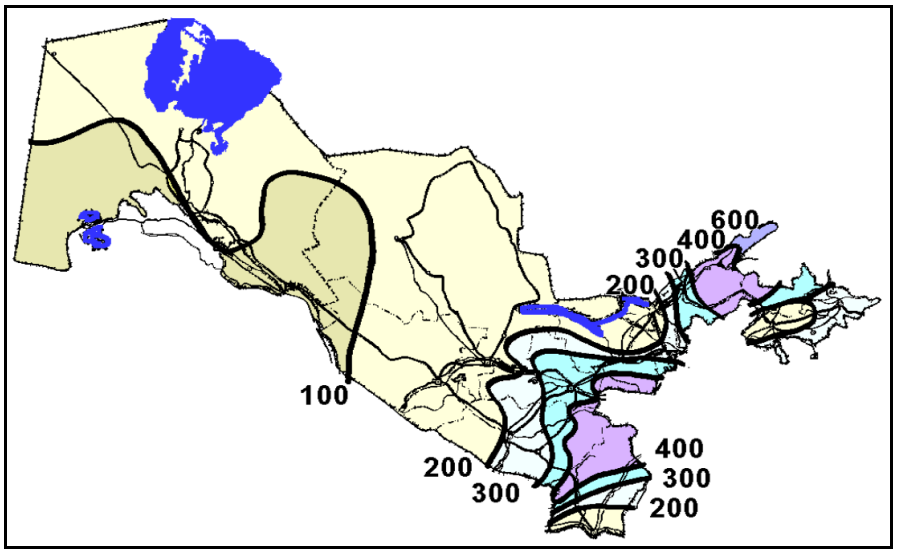


Figura 3.4 Precipitación anual en mm (Toshov y Mirzaev, 2016)

Las precipitaciones en los llanos alcanzan valores situados entre los 80-90 mm por año. Al este y al sur, junto a un aumento de la altitud, se incrementan las precipitaciones hasta 890-1000 mm por año (Figura 3.4).

Más del 70% de las precipitaciones corresponden al invierno (en forma de lluvia y nieve) y a la primavera. La capa de nieve se forma casi todos los años, pero en las llanuras y colinas, que son a menudo inestables, se queda sólo un par de días. Su grosor varía desde unos pocos centímetros en el oeste (en las llanuras y colinas) hasta los 60-80 cm en el este (en las estribaciones de las montañas). En las zonas montañosas encontramos lugares con más de 100 cm.

3.1.1 Características Socioeconómicas

Geopolíticamente, Uzbekistán es el líder de los países de Asia Central y mantiene el tercer puesto en la Comunidad de Estados Independientes (CEI), después de Rusia y Ucrania. Con una población de 32.979.000 habitantes en 2020, es el país de Asia Central con mayor densidad de población (70,5 personas por km²). El 50,6% la población reside en ciudades y casi la mitad de la población está formada por hombres, un 49,6%, y un poco más de la mitad por mujeres, 50,4% (SCRUS, 2020).

El principal factor demográfico de Uzbekistán es el alto nivel de natalidad, que explica el rápido crecimiento y dinamismo de la población. El nivel de tasa de natalidad en el ámbito rural supera en un 40-50% la tasa de natalidad en las aglomeraciones urbanas (JICA, 2017). A pesar de una ralentización en el crecimiento demográfico los últimos años, el país presenta el

crecimiento más significativo en la región. Solo en el período 1990-1998 la población de Uzbekistán creció el 13,3%.

Tabla 3.1 Distribución demográfica y superficie en Uzbekistán (SCRUS, 2020)

Identificación Figura 3.5	Denominación	Capital	Superficie (km^2)	Población (habs)
1	Ciudad de Taskent	Taskent	256	2.136.600
14	República Autónoma de Karakalpakia	Nukus	166.600	1.800.000

La organización territorial de la República se articula en 12 provincias con muy pocas competencias, divididas a su vez en distritos, una república autónoma, la República de Karakalpakia, y una ciudad independiente, la capital Taskent.

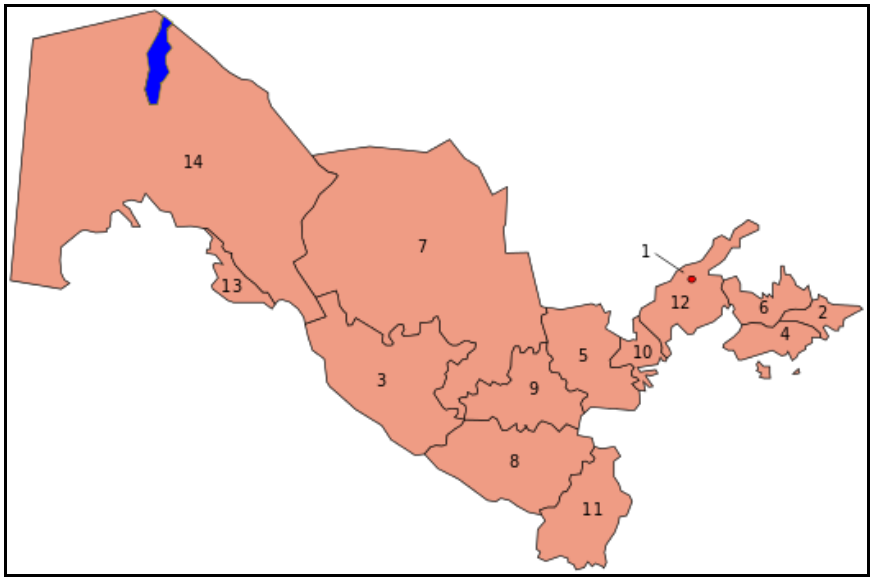


Figura 3.5 Organización administrativa de Uzbekistán (Katpatuka, 2020)

Tabla 3.2 Distribución demográfica y superficie en Uzbekistán (SCRUS, 2020)

Identificación Figura 3.5	Provincia	Capital	Superficie (km^2)	Población (habs.)
2	Andillán	Andiján	4.200	1.898.400
3	Bujará	Bujará	40.300	1.899.500
4	Ferganá	Ferganá	6.800	2.600.000
5	Djizaks	Djizaks	20.500	910.500
6	Namangán	Namangán	7.900	2.554.200
7	Navoi	Navoi	110.800	767.500
8	Kashkadar	Qarshi	28.400	2.029.000
9	Samarcanda	Samarcanda	16.400	3.444.800
10	Syr Darya	Guliston	5.100	648.100
11	Surjandarín	Termez	20.800	1.676.000
12	Taskent	Taskent	15.300	2.644.400
13	Corasmia	Urganch	6.300	1.715.600

USC UNIVERSIDADE DE SANTIAGO DE COMPOSTELA

La organización y estructura demográfica es muy diferente en función de la distribución espacial. De esta forma, se aprecia que la mayoría de la población se concentra en el distrito y la ciudad de Taskent, en el valle de Ferganá y en el extremo oriental del país, aunque en el sur

hay aglomeraciones de población significativas (Bujará, Qarshi, Samarcanda y Termez). Las zonas central y occidental, en su mayor parte de perfil desértico, están casi deshabitadas.

La economía de Uzbekistán reside en la producción y en la exportación de diversas materias primas, como algodón, oro, uranio y gas natural. Desde 1995 se lleva a cabo una política de transición gradual que ha producido resultados en forma de progreso económico (SCRUS, 2020).

Entre los años 2004 y 2016, la República de Uzbekistán registró importantes tasas de crecimiento del PIB gracias a las exportaciones de materias primas como gas natural, cobre, oro y algodón. Esto se explica por los cambios en el marco legislativo que condujeron a una política macroeconómica centrada en la inversión pública y a una limitada exposición a los mercados financieros internacionales. Adicionalmente, el surgimiento de pequeñas empresas en todos los sectores económicos ha sido la principal fuente de empleo y de aumento de renta per cápita.

Tabla 3.3 Estructura del Producto Interior Bruto 2017 (SCRUS, 2020)

Distribución por sectores	% PIB Total
Agricultura	19,2
Industria y Construcción	33,3
Manufacturas	19,0
Construcción	6,8
Industria extractiva	5,2
Suministro eléctrico y gas	2,1
Agua, alcantarillado y gestión de residuos	0,2
Servicios	47,7
Comercio	10,6
Transporte y almacenamiento	8,5
Sector de información y comunicaciones	2,4
Restauración y la hostelería	1,4
Otros servicios	24,8

Según los informes de la Oficina de Información Diplomática del Ministerio de Asuntos Exteriores, Unión Europea y Cooperación de España (2017) y de la Oficina Económica y Comercial de España en Moscú (2018), "*debido a su población y a su ubicación geográfica, Uzbekistán es una pieza clave de la integración económica de Asia Central. El país se perfila como uno de los eslabones principales de la llamada "Nueva Ruta de la Seda", la iniciativa china de inversiones estratégicas en el ámbito de las infraestructuras para impulsar el comercio internacional. Además, el país tiene la posibilidad de convertirse en un país de renta media-alta en una generación en parte gracias al momento de excepcionalidad demográfica que atraviesa: medio millón de personas ingresan en el mercado laboral cada año*".

Si esta transformación llegase a producirse, Uzbekistán presentaría interesantes oportunidades en los sectores de consumo. El nuevo gobierno, que goza del respaldo de las instituciones financieras internacionales, desarrolla con determinación reformas para potenciar el comercio exterior y la inversión extranjera. Con todo esto, se pretende revitalizar el desarrollo de una verdadera economía de mercado en el país y asemejar su modelo económico al de Kazajistán, que posee la economía más consolidada de la región.

USC UNIVERSIDADE DE SANTIAGO DE COMPOSTELA

3.1.1.1 Características del sector agrícola

El sector agrario representa un papel fundamental en el desarrollo sostenible de la economía en Uzbekistán y esa importancia se manifiesta en las numerosas iniciativas del Gobierno de la República adoptando medidas de carácter social, económico, político, jurídico

y organizativo que afectan al recurso tierra. La agricultura en Uzbekistán representa el 19,2% del PIB, el 46% del empleo y el 60% de los ingresos en divisas (Rahimov y Abdughaniyev, 2009). La base de la producción agrícola es la agricultura de regadío con, aproximadamente, el 82% de la tierra cultivable.

El algodón, llamado "oro blanco", fue el cultivo dominante dentro del sector agrícola de Uzbekistán durante el período soviético. Aunque el algodón se había cultivado en la región durante cientos de años, la expansión del cultivo en el siglo XX fue posible gracias a dos factores principales: la expansión de la superficie regada y la planificación central soviética (Teichmann, 2007). El riego permitió una mayor producción de cultivos y la planificación central impuso al algodón como el cultivo principal. A cambio de la producción de algodón, la planificación central proporcionó a Uzbekistán agua, energía y alimentos de otras partes del sistema nacional integrado.

Uzbekistán fue la principal región productora de algodón en la URSS, representando el 61% de la producción total. Desde la desintegración de la URSS y la independencia de Uzbekistán en 1991, la política agrícola ha estado sujeta a ciclos de inercia y cambio. Por un lado, el gobierno ha mantenido aspectos importantes del sistema de planificación central. El estado aún controla la superficie y el volumen de algodón producido, así como los precios de compra (Forkutsa y otros, 2009). A mediados de la década de 1990, el país era el cuarto mayor productor de algodón del mundo y el tercer mayor exportador de algodón.

Por otro lado, el gobierno ha permitido un cambio hacia un mayor control por parte de los agricultores en muchos aspectos de la producción, en particular los relacionados con la gestión de la tierra y el agua (World Bank. 2017). Al mismo tiempo, el país se ha visto obligado a desarrollar nuevas relaciones comerciales con otros antiguos estados soviéticos y el resto del mundo, lo que ha llevado a la expansión obligatoria de la superficie cultivada de trigo para satisfacer las necesidades alimentarias locales. El aumento planificado estatalmente de la producción de trigo significa que la superficie de cultivo de trigo ha crecido frente a la superficie destinada al cultivo del algodón, porque la temporada de trigo y algodón se superpone.

El resultado ha sido una expansión de la superficie agrícola destinada al cultivo de trigo de invierno desde 620.000 ha en 1991 a 1.250.000 ha en 2004 con una disminución similar en la superficie de algodón. La producción de trigo aumentó sustancialmente en ese mismo periodo, de 1 millón de toneladas en 1991 a 5,2 millones de toneladas en 2004, y Uzbekistán se ha convertido en un exportador de trigo de unas 500.000 toneladas anuales (AQUASTAT, 2020).

3.1.1.2 Características del rgadío

Antes de la Segunda Guerra Mundial, la construcción de grandes canales y novedosas estructuras de ingeniería hidráulica en Uzbekistán permitieron alcanzar una superficie irrigada de 1,85 millones de hectáreas. En los años de la posguerra, la superficie regada se llegó a incrementar hasta los 2,15 millones de hectáreas. El desarrollo a gran escala comenzó a fines de la década de 1950, cuando la URSS decidió que Uzbekistán debería especializarse en la producción de algodón. Se produjo un cambio del riego a pequeña escala al riego a gran escala, principalmente en las regiones áridas y semiáridas donde la tierra estaba deshabitada y las condiciones climáticas son más severas. Se construyeron nuevas obras hidráulicas, como embalses, bombeos y las redes de riego.

El desarrollo del riego en la década de 1970 estuvo acompañado por un amplio conjunto de obras de recuperación de tierras, especialmente obras destinadas al drenaje de las aguas de riego superficial. Se desarrollaron nuevas técnicas de riego en la estepa de Hunger en el

centro del país, en la cuenca del río Sir Darya y en la estepa de Karshi, en el sureste en la cuenca de Amu Darya. Durante este período, los organismos estatales introdujeron por primera vez principios de gestión centralizada de los recursos hídricos y del riego, a través de medidas financiadas completamente con cargo al presupuesto estatal. Con la recuperación de las praderas Golodnaya, Jizzakh y Karshi, se desarrolló el sector del regadío y, 30 años más tarde, a fines de la década de 1980, se habían puesto en regadío 100.000 ha nuevas.

En 1994, el riego cubría 4.280.510 ha, alrededor del 82% de la tierra cultivada, y el área realmente irrigada fue de aproximadamente 4.202.000 ha, o el 98% del área susceptible de ser regada. En 2005, se estimaba que 4.198.000 ha estaban destinadas a la agricultura de regadío (Uzgiprovodhoz Institute. 2005), o el 89% de la superficie cultivada. Según Abdullaev y otros (2009), el área realmente regada fue de aproximadamente 3.700.000 ha.

En las últimas décadas, la estructura productiva uzbeca está condicionada por el mayor consumidor de agua de la región, el sector agrícola en regadío. Según Abdullaev (2002), en el año 1999 el consumo total de agua en Uzbekistán se mantenía entre 62 y 65 km^3, de los cuales cerca de 36 km^3 proceden de los cauces principales del Amu Darya y Sir Darya. El resto, 29 km^3, era aportado por pequeños ríos, fuentes subterráneas de agua y por la reutilización procedente del reciclaje del agua en la agricultura. Esta distribución se ha mantenido en los últimos tiempos, pero con un descenso del consumo global (World Bank, 2017).

La disponibilidad media de agua para riego es del 80%, el 77% en la cuenca del Amu Darya y el 84% en la cuenca del Sir Darya. El uso agrícola consume alrededor del 90% de los recursos hídricos disponibles, concentrándose el 80-83% de ellos en la estación de crecimiento vegetativo (5 meses).

Tabla 3.4 Características de las regiones de regadío en Uzbekistán (World Bank, 2017)

Zonas irrigadas	Precipitación (mm)	Área irrigada (10^3 ha)	Uso agrícola	Otros usos
			(10^3 m^3/ha)	
Valle de Ferganá	244	924,1	10,0	1,9
Cuenca Media Syr Darya	424	957,5	9,7	1,2
Samarcanda	500	407,1	10,6	0,7
Cuenca Media Amu Darya	259	1.160,8	11,2	3,5
Cuenca Baja Amu Darya	112	750,1	14,2	3,8
Total Uzbekistán (media)	290	4.199,6	10,8	1,4

El sistema distribución de agua para riego en Uzbekistán está constituido por una extensa red de canales principales y una red de canales secundarios (Abdullaev y Rakhmatullaev, 2015).

El riego en Uzbekistán se basa en un sistema de estaciones de bombeo y canales, que se encuentra entre los más complejos del mundo. En 1994, se extrajo el agua necesaria para regar 1,17 millones de hectáreas mediante grupos de presión, con más de 1.500 estaciones de bombeo. Como ejemplo citamos los tres casos más significativos: el sistema Karshi extrae 350 m^3/s de agua del río Amu Darya hasta la cota de 170 m; el sistema de bombeo Amu-Bukhara descarga 270 m^3/s del río Amu Darya a un canal situado a 57 metros de altitud sobre el río; el sistema de bombeo de Amu Zang descarga 20 m^3/s del río Surkhandarya a un canal a 75 metros de altitud sobre el río Zang.

La longitud total de la red de riego es de unos 196.000 km. Los canales principales y la red entre explotaciones se extienden a lo largo de unos 28.000 km, de los cuales alrededor del 33%. La red interna de distribución en las explotaciones es de unos 168.000 km. La mayoría, el 79%, son canales de tierra sin revestimiento, el 19% son canales de hormigón y el 2% son tuberías. La obsolescencia de los activos fijos de la red de riego en las explotaciones agrícolas representa unas pérdidas mayores del 40% en la eficiencia del uso.

También se dispone de una serie de embalses que pueden proporcionar un suministro sostenible de agua para todos los usuarios, independientemente de la aridez del año. Esta agua embalsada ejerce una creciente influencia sobre el régimen de las masas del agua ya que la mayoría de los ríos no tienen un régimen de flujo natural.

3.1.2 Hidrografía de la región

Las dos principales vías fluviales que atraviesan el territorio de Uzbekistán son el río Sir Darya y el río Amu Darya con sus respectivos afluentes, aunque la zona de estudio de la provincia de Bujará está surcada principalmente por el río Amu Darya.

En la República existen otros ríos importantes como los ríos Naryn, Cox, Chirchik, Zarafshan, Surkhandarya, Kara Darya y Sherabad, que forman sus caudales principalmente debido al derretimiento de nieve estacional. En este apartado describiré brevemente los dos ríos principales de esta cuenca, el Sir Darya y el Amu Darya aunque en el apartado 3.3. "Recursos Hídricos" trataré con mayor rigor la descripción del río Amu Darya por su influencia en la zona de estudio.

Figura 3.6 Cuencas del Amu Darya y del Sir Darya (World Bank, 2017)

El río Sir Darya es un largo cauce de Asia Central que fluye en direcciones O y NO a través de Uzbekistán, Tayikistán y Kazajistán hasta desaguar en el Mar de Aral del Norte. Nace en el extremo este de Uzbekistán, por la confluencia de los ríos Naryn y Kara Darya. Tiene una longitud de 2.212 km, pero, con el río Naryn, alcanza los 3.078 km que lo sitúan entre los 30 ríos más largos de la Tierra (Kogay, 1969). Drena una amplia cuenca de 782.669 km², aunque actualmente apenas 200.000 km² contribuyen realmente con sus aguas a la corriente principal.

A lo largo de su recorrido, llena el embalse de Kayrakum, en Tayikistán, el embalse de Chardara, en Kazajistán, y el más pequeño embalse de Farkhad, en Uzbekistán. En el río Naryn, su tributario más importante, se encuentra el gran embalse de Toktogul y el más pequeño de Kambarata. En su otro tributario, el río Kara Darya, se encuentra el embalse de Andiján, en Uzbekistán.

La cuenca del Sir Darya ocupa el 13,5% de Uzbekistán y se divide en tres tramos: el alto, situado en Kirguistán, y donde se genera la mayor parte del flujo de agua; el medio, en Uzbekistán y Tayikistán; y el bajo o inferior, en Kazajistán, antes de desembocar en el Mar de

Aral. Los principales afluentes dentro de Uzbekistán son los ríos Chirchik y Akhangaran, que nacen en Kirguistán.

El flujo total producido en la cuenca de Sir Darya se estima en 36,57 km^3 anuales, sumando los recursos internos renovables de agua superficial (IRSWR) de los diferentes países de la cuenca, con las probabilidades del 5 y del 95% estimadas en 54,1 y 21,4 km^3/año respectivamente (Raadgever y Mostert, 2015). Debido a las pérdidas significativas en las áreas desérticas de su curso, y debido a la gran extracción de agua por parte de la agricultura, el flujo que llega al Mar de Aral se limita a menos del 5% de esta cifra en los años más secos.

Aproximadamente 4,84 km^3/año, o el 13% de los recursos hídricos superficiales promedio de la cuenca del río Sir Darya se generan dentro de Uzbekistán.

La zona de estudio de este trabajo de investigación, la provincia de Bujará, está regada a partir de aguas fluyentes del río Amu Darya. Este cauce nace en la cordillera del Pamir, en la unión del río Vakhsh y el río Panj, y sirve de frontera natural entre Afganistán, Tayikistán, Turkmenistán y Uzbekistán hasta desembocar en el Mar de Aral. Tiene un curso aproximado de 2.540 kilómetros.

El río es navegable durante 1.450 kilómetros, siendo su longitud total de 2.540 kilómetros y su cuenca de 534.739 km^2. Incluso antes de la extracción de agua destinada al riego, la gran evaporación durante el verano impide que gran parte del agua alcance el Mar de Aral, que es donde desemboca. Es el río con mayor caudal de Asia Central y el que atraviesa un mayor número de países (Tayikistán, Afganistán, Uzbekistán y Turkmenistán) haciendo frontera entre Tayikistán y Afganistán, Uzbekistán y Turkmenistán, y Uzbekistán y Afganistán.

En la cuenca del Amu Darya viven cerca de 50 millones de personas. El agua procedente de esta cuenca, sin contar Afganistán, tiene en su mayor parte como destino la agricultura, con el cultivo de, aproximadamente, cinco millones de hectáreas destinadas a algodón, trigo, pastos, piscifactorías, frutas y hortalizas (UNEP, 2011). El resto tiene como destino la producción de energía eléctrica y el suministro a los complejos industriales uzbekos (industria metalúrgica, actividades extractivas, oro, uranio, gas en Navoi, Bujará y Samarcanda), tayikos (industria del aluminio y cementera en Dushanbé y Turzunzade) y turkmenos (complejos petroquímicos y gasísticos).

Según Abdullaev y otros (2009), los recursos hídricos totales de la cuenca del Mar de Aral se sitúan entre los 120 km^3 y los 170 km^3, dependiendo del régimen de precipitación anual, que, en caso de un uso eficiente podría proveer de agua para el riego a 4,8 millones de hectáreas. Sin embargo, la escasa eficiencia hace que se riegue 4,2 millones de hectáreas con un exceso de agua lo que provoca salinidad y contaminación de acuíferos.

Los lagos en el territorio de Uzbekistán son pocos y no tienen gran tamaño. El mayor número de lagos están en la zona montañosa situada a una altitud entre los 2.000 y los 3.000 m. Esta área es de menos de 0,5 km^2. Uzbekistán también tiene lagos artificiales y embalses como Kattakurgan (el mayor), Kairakkum, Chardara, Charvak y Andijan.

El volumen total de los grandes embalses presentes en la cuenca es más de 34 km^3, lo que indica que la capacidad de almacenamiento es superior al volumen anual de escorrentía (Groll y otros, 2015). Concretamente, en Uzbekistán, el volumen de los embalses es de unos 5 km^3. En el centro y la parte inferior de la cuenca podemos encontrar lagos de agua salada formados en las depresiones y hondonadas del desierto a partir del agua de drenaje. El mayor de ellos es el Lago Aydarkul con un volumen de 11,6 km^3.

Las aguas subterráneas representan una parte importante de los recursos hídricos de la República, que se utilizan como una fuente segura de agua potable para el consumo humano, el riego y para el uso en actividades industriales (Rakhmatullaev y otros, 2012). Los recursos naturales de las aguas subterráneas y el drenaje se alimentan de la filtración de las

precipitaciones, las pérdidas por filtración del río y el agua de riego y esto afecta en gran medida a la reducción de la escorrentía superficial (Pereira y otros, 2002). El total de su volumen es en la actualidad más de la mitad de las reservas proyectadas y con una tendencia a su incremento.

3. 2. DESCRIPCIÓN DE LA REGIÓN DE BUJARÁ

La provincia de Bujará (Buxoro o Bukhoro), situada en la parte sudoeste de Uzbekistán, está constituida en una gran parte de su territorio por el desierto de Kyzyl Kum y limita con Turkmenistán y las regiones de Navoi y Kashkadarya, así como con la República Autónoma de Karakalpakia.

La región es rica en depósitos de gas natural y petróleo, además de grafito, mármol, granito, yeso, azufre y cal. La economía se fundamenta en la industria energética gracias a los importantes depósitos petrolíferos y de gas natural (Kandim, Okkum o Parsonkul) y en la industria textil, basada en el algodón y la seda. También ocupa un lugar importante la producción de artesanías tradicionales uzbekas, especialmente la cerámica y el bordado con oro. La producción agrícola se basa en el algodón y el trigo, mientras que la ganadería se centra en el ganado ovino de Astracán y en la crianza del gusano de seda.

Figura 3.7 Situación de Bujará en Uzbekistán (dreamstime.com)

Fundada el 15 de enero 1938, su capital es la ciudad de Bujará, y cuenta con una superficie total de 40.300 km², es la tercera entidad más extensa de la República; con una población cercana a los 1,9 millones de personas es la tercera menos densamente poblada (35 hab/km²), según datos del Bukhara Regional Statistical Department (BRSD 2019).

La antigua ciudad de Bujará, que aparece en la lista de Patrimonio de la Humanidad de la UNESCO, es un centro de turismo internacional (Khamidov, 2017). La ciudad puede considerarse en sí misma un museo que recoge toda la Historia de la región, ligada a la Ruta de la Seda, a través de más de 170 monumentos de la arquitectura y la historia.

3.2.1 Características climáticas

El clima de la región de Bujará tiene diferentes características climáticas a lo largo de su territorio. En este sentido, es importante considerar que empleamos valores medios teniendo en cuenta las singularidades particulares que podemos encontrar en el territorio estudiado.

La región cuenta con un clima árido continental típico que caracteriza el territorio de la región, una llanura desértica con más del 90% de la superficie ocupada por las arenas del desierto de Kyzyl Kum (Toshov y otros, 2019). Sólo en el sur, en la parte baja del río Zarafshan, aparecen pequeños oasis como los de Gijduvan, Bujará y Karakul. El clima es desértico, marcadamente continental, con un invierno muy frío y veranos cálidos y secos.

Las condiciones climáticas son uno de los factores que determinan la eficiencia de la tierra y afectan su fertilidad. Los indicadores climáticos, a su vez, subrayan la condición de la tierra, las características de los cultivos agrícolas y son un factor clave en la orientación de la especialización de los sectores agrícolas (Kuziev y Sectimenko, 2009). El territorio de la República se encuentra en una llanura, dominada por zonas desérticas y semidesérticas, en el límite de los climas templados y subtropicales.

Tabla 3.5 Indicadores Agroclimáticos en las llanuras de Bujará (Rahimov y otros, 2019)

Indicadores	Zonas		
	Noroeste	Central	Sudeste
Primer día con temperaturas superiores a 10 ºC	5 a 11 de abril	27 a 31 de marzo	8 a 14 de marzo
Último día con temperaturas superiores a 10 ºC	18 a 24 de octubre	22 a 25 de octubre	12 a 22 de octubre
Fecha de la última ola de frío en primavera	3 a 12 de abril	27 de marzo a 5 de abril	3 a 4 de marzo
Fecha de la primera ola de frío en otoño	17-23 de octubre	16 de octubre a 4 de noviembre	6 de noviembre a 1 de diciembre
Temperatura media anual (ºC)	14,2	15,0	16,1
Precipitación media anual (mm)	107	120	132
Evaporación media anual (mm)	1.654	1.800	2.190
Suma de las temperaturas positivas superiores a 10 ºC	4.916	5.100	5.450

Los principales indicadores climáticos de las llanuras de la región de Bujará, como las altas temperaturas, la evaporación, la baja humedad y la magnitud de la suma de las temperaturas positivas, definen una zona árida (Yavmutov y Rahimov, 2020). Tener un clima árido requiere recursos económicos adicionales en la agricultura, lo que a su vez afecta en el costo de producción y en la eficiencia del uso de la tierra.

3.2.1.1 Temperaturas

La dependencia del clima y las condiciones climáticas es una de las características importantes de la recarga de recursos hídricos, del manejo de los cultivos en regadío y de los pastizales permanente (Rahimov, 2009).

La temperatura media anual es de 15ºC para el período 1998/2018. En la Tabla 3.8 se presentan las temperaturas medias mensuales tomadas en la Estación Meteorológica Bukhara, a una altitud de 224 m sobre el nivel del mar. Todos los datos corresponden a los valores medios mensuales de los últimos 20 años.

En particular, la variabilidad frecuente del clima en primavera y otoño, los veranos calurosos y secos, y a veces los inviernos cálidos, como los acontecidos los años 1969, 1984 y

2008, constantemente "ponen a prueba" a los agricultores y a los ganaderos, básicamente pastores.

Tabla 3.6 Temperaturas medias mensuales (ºC) de la serie 1999/2019 (Estación Meteorológica Bukhara, 2019)

Mes	Tª máxima	Tª media	Tª mínima
Enero	5,4	0,8	-3,7
Febrero	8,5	3,4	-1,7
Marzo	14,8	9,0	3,2
Abril	23,4	16,8	10,3
Mayo	29,5	22,2	15,0
Junio	34,3	26,6	18,9
Julio	36,5	28,8	21,2
Agosto	34,5	26,5	18,5
Septiembre	29,4	21,0	12,7
Octubre	21,7	14,0	6,4
Noviembre	14,1	7,8	1,5
Diciembre	8,1	3,3	-1,4

Diferentes estudios (Toshov y Mirzaev, 2016) recomiendan un calendario estacional único en la región en términos de pastoreo, con una temporada de escasez entre el 15 de febrero y el 15 de marzo, una temporada relativamente buena del 15 de marzo al 15 de abril y la buena temporada del 15 de abril al 15 de mayo.

3.2.1.2 Precipitación

Los datos de precipitación que se presentan a continuación se han calculado para la misma serie que la empleada en el cálculo medio de las temperaturas (1999-2019) con 20 años.

Tabla 3.7 Precipitación media mensual 1999/2019 (Estación Meteorológica Bukhara, 2019)

Mes	Precipitación (mm)
Enero	24
Febrero	20
Marzo	33
Abril	25
Mayo	12
Junio	1
Julio	0
Agosto	0
Septiembre	1
Octubre	6
Noviembre	14
Diciembre	20

Se puede decir que el régimen de lluvias está dividido en cuatro períodos bien diferenciados: una estación lluviosa que abarca los meses de invierno (diciembre, enero, febrero y marzo) y parte de la primavera (marzo y abril) con casi el 80% de la precipitación anual, un período primaveral de transición que abarca los meses de mayo y junio; el período de verano con sequedad acusada, incluso sin que se registren precipitaciones; y finalmente, un pequeño período representado por octubre y noviembre en el que las lluvias vuelven a aumentar hasta alcanzar la estación lluviosa.

La pluviometría media anual registrada en este periodo es de 156 mm lo que representa un volumen de recarga realmente bajo.

3.2.1.3 Diagrama ombrotérmico y Climograma

En la provincia de Bujará el principal origen del agua destinada a la irrigación en la agricultura procede de aguas superficiales, en concreto de la cuenca del río Amu Darya y de su afluente el río Zarafshan. A pesar de este hecho, la aportación pluviométrica de recursos hídricos a los cultivos debe ser considerada como un elemento de interés. De forma concreta, en la gestión de los pastizales es clave el aporte de agua a causa de las precipitaciones, de ahí que sea de interés conocer la relación entre la pluviometría y las necesidades de los cultivos.

Para ello se emplea el diagrama ombrotérmico de Gaussen, que permite identificar el período de sequía y su distribución. Se considera mes seco aquel en que las precipitaciones tengan un valor menor que el doble de la temperatura media mensual.

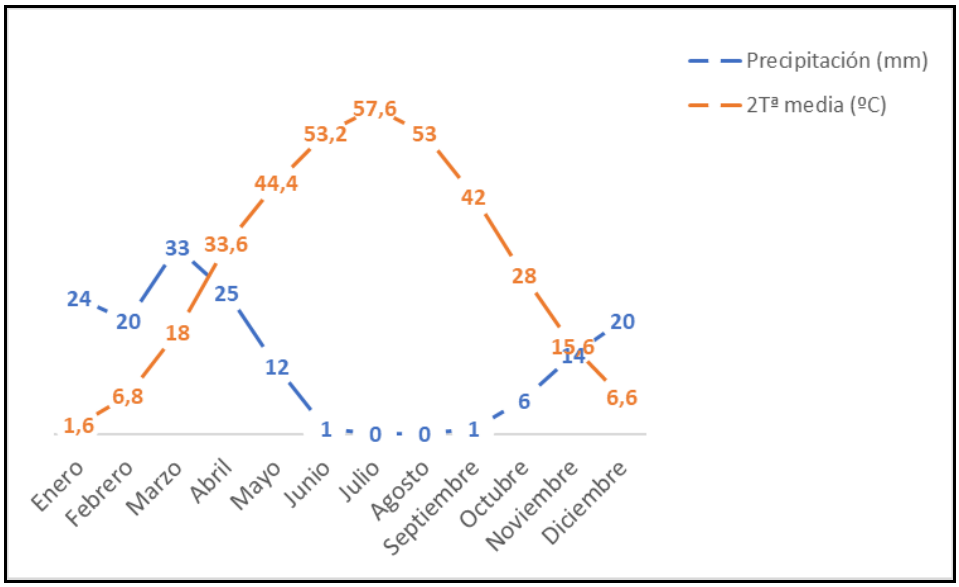


Figura 3.8 Diagrama ombrotérmico de Gaussen (Elaboración propia, 2022)

Para su representación, en el eje X se ponen los doces meses del año y en un doble eje Y se pone en un lado las precipitaciones medias mensuales (en mm) y en el otro las temperaturas medias mensuales (en ºC). Se debe considerar que la escala de precipitaciones debe ser doble que la de temperaturas. Esto es, por cada °C en temperatura se toma un par de mm en precipitación.

Paralelamente, se define la subsequía como aquel período en que P<3T (Marcos, 2001). Como se puede observar en la Figura 3.8, en la zona de estudio hay un período de sequía mínimo entre los meses de abril a noviembre.

El Climograma de Peguy permite el estudio del comportamiento del clima durante un período determinado que en este caso es un año utilizando los datos correspondientes a temperaturas y precipitaciones y representándolos sobre ejes cartesianos.

En la Figura 3.9 se puede apreciar, según la disposición del polígono, que la zona de estudio tiene importantes irregularidades tanto térmicas como pluviométricas, variando estos valores desde los 0,8ºC de temperatura media en enero hasta los 28,8ºC en julio y desde los 33,0 mm de lluvia en marzo hasta los 0,0 mm en julio y agosto.

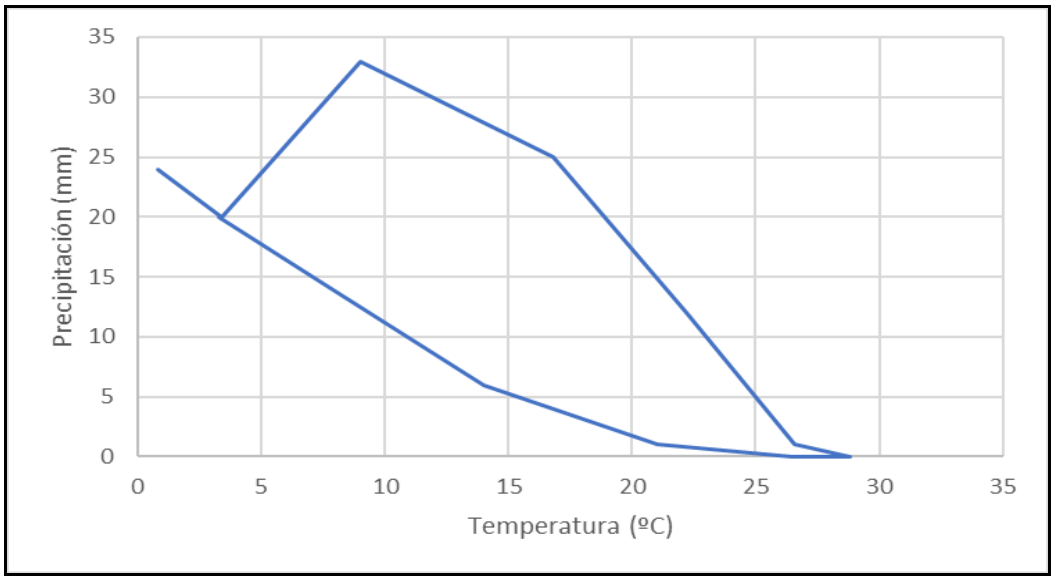


Figura 3.9 Climograma de Peguy (Elaboración propia, 2022)

3.2.2 Geomorfología

Una vez que ya se han descrito las características climáticas y geográficas del territorio de estudio, vamos a considerar los principales elementos que definen el relieve y los suelos, aspectos clave en el aprovechamiento agrario del recurso suelo. En este apartado consideramos el relieve y las características edáfica o de los suelos.

3.2.2.1 Relieve

La influencia del relieve en la formación de las características de las tierras agrícolas de la región de Bujará es muy importante (Groll y otros, 2015). Debido a que la región se encuentra en los tramos más bajos del río Zarafshan, el movimiento de las aguas subterráneas a lo largo de la superficie de toda la cuenca, junto con las aguas superficiales, se dirige a los oasis de Bujará y Karakul. Este hecho también contribuye a la aceleración de la salinización de las tierras de regadío en la región.

El territorio de la región se compone principalmente de llanuras y, aunque el relieve pueda parecer simple a primera vista, la historia de su desarrollo y el grado de fragmentación de su apariencia tienen sus propias características regionales. La formación del relieve está relacionada con fuerzas internas y externas, así como con la actividad humana (Kogay, 1969). El punto más alto de la región es la cresta Kuljuktog, con una altura absoluta de 785 metros. La pendiente general en el relieve es hacia el río Amu Darya, excluyendo la cuenca de Ogitma (133 m).

La topografía de la región se puede clasificar en tres grupos según las características geomorfológicas:

- Montañas bajas, mesetas y la superficie que las circundan con suaves pendientes. Se incluyen las mesetas de Kuljuqtog, Kokchatogh, Tuzkoytogh, Jarqaq y Saritosh, que se elevan entre las llanuras y son los puntos más elevados en el relieve;
- Mesetas y crestas con superficies llanas como Korakul, Dengizkul, Uchbosh y Karakir. Este grupo también incluye montañas bajas erosionadas como Somontepa y Choshtepa, ubicadas al pie de Dengizkul;
- Llanuras de aluvión formadas por depósitos de ríos y lagos y erosionadas por la actividad del viento. Ocupan el área principal del territorio y forman llanuras suaves y onduladas, donde destacan las zonas arenosas.

3.2.2.2 Características de los suelos

Los suelos de la región de Bujará pertenecen a la zona cálida subtropical de la provincia climática de Asia Central. En toda la región se riegan los suelos transicionales e hidromórficos del desierto, que se componen de antiguos depósitos de materiales (Toshov y otros, 2013). Según el State Committee of the Republic of Uzbekistan for Land Resources, Geodesy, Cartography and State Cadastre (2012), los suelos que se encuentran en la región se caracterizan por un contenido de humus muy bajo (1%-2%)

Aunque el territorio está formado principalmente por desiertos, estos no forman una sola área cohesiva. Los diferentes tipos de suelos varían en función de la naturaleza de la roca madre, la topografía, la composición química y la profundidad a la que se encuentra el agua subterránea. Así, encontramos dos grandes tipologías: desierto y oasis.

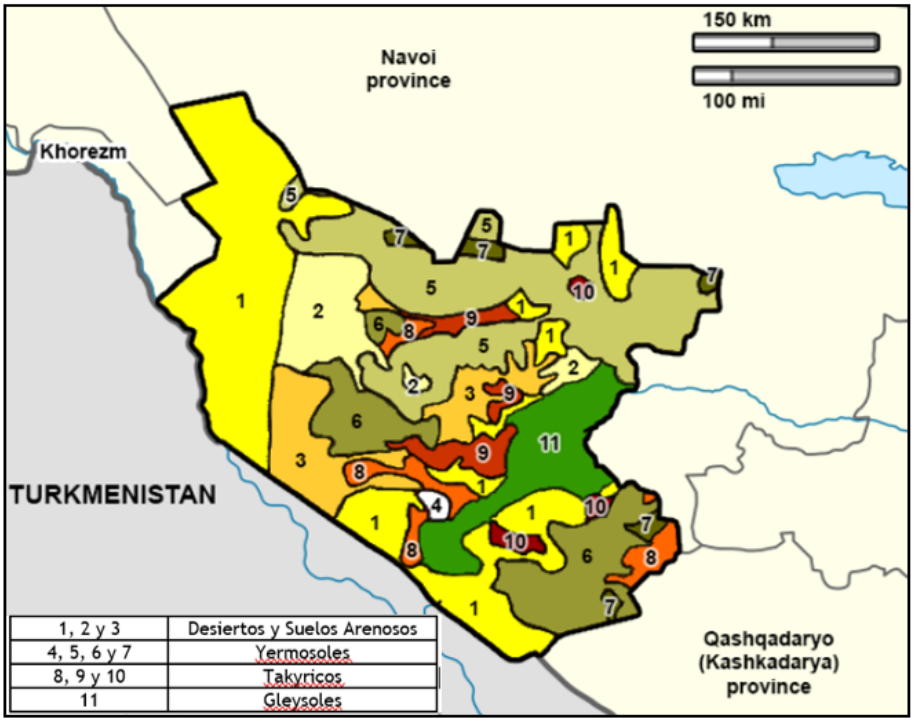


Figura 3.10 Suelos de la región de Bujará (Adaptado de Kulmatov y otros, 2015).

Entre los suelos secos desérticos, dentro de los aridisoles, los más comunes son los desiertos arenosos marrones, los suelos sin ningún tipo de vegetación y los suelos salinos (Nazarov y otros, 1991). Son suelos que presentan un contenido en sales solubles que limita el crecimiento de la vegetación, por lo que sólo aparecen plantas halófitas y típicas del desierto. Estos suelos se caracterizan por su color claro, debido al bajo contenido de materia orgánica.

Además de los suelos desérticos y arenosos podemos distinguir otros tres grandes grupos: Yermosoles, los Takyricos y Xerosoles y los Gleysoles.

Los Yermosoles o Xerosoles (FAO, 1998), son suelos gris-marrón que dominan el norte y este de la región, zona caracterizada por ser suelos áridos con irrigación intensiva. Estos suelos tienen una textura variable (de franco-arenosa a franco-medio) y un contenido de humus por debajo del promedio (0,6% - 0,9% en la capa cultivable). En las partes más antiguas de las tierras de regadío la cantidad de humus es mayor y oscila entre el 1,2% y el 1,8%. El contenido de nitrógeno está entre el 0,05% y el 0,16%, mientras que la concentración total de fósforo oscila entre el 0,09% y el 0,11% (State Committee of the Republic of Uzbekistan for Land Resources, Geodesy, Cartography and State Cadastre, 2012).

Los Takyricos y Xerosoles cálcicos (FAO, 1998), aunque no son suelos comunes en la región, se pueden encontrar principalmente en parte de los suelos de la provincia de Bujará, localizados entre zonas de suelos arenosos y yermosoles. Se forman en depresiones poco profundas con alto contenido de arcilla, que acumulan agua y forman costras de sal una vez que se produce la evaporación del agua.

Los Gleysoles Calcáricos y eútricos (FAO, 1998), es importante mencionar la presencia de antiguas llanuras pluviales y aluviales en los tramos más bajos del Zarafshan, en los deltas de Bukhara y Karakul y de la meseta terciaria de Kizilkum, adyacente a estas llanuras aluviales. En comparación con otros tipos de suelos desérticos, los suelos de las praderas tienen un humus más alto (1,1% - 1,4%) y contenido de nitrógeno (0,08% - 0,12%).

Según Kulmatov y otros (2015), estar cuatro categorías de suelos descritas, pueden clasificarse en 11 tipos de suelos principales.

3.2.3 Flora y fauna

Lógicamente, la flora y la fauna de la región está dominada por especies de plantas típicas de desierto. Destaca la existencia de la reserva natural del Kyzyl Kum, fundada en 1971 y con una superficie de 101.000 km², situada en el terreno de inundación (tugai) drenado por el Amu Daria cerca del asentamiento de Dargan Ata.

La flora de Bujará está compuesta por 4.148 especies registradas en Uzbekistán y 580 especies pertenecientes a familias propias de la zona desértica de Bujará. (Granitov, 1964) con una significativa presencia de especies endémicas. Según los trabajos de Sennikov y otros (2016), se identificaron 173 especies de plantas nativas y endémicas típicas de Asia Central en la región, de las que 13 se encuentran solo en este país. Además, hay 219 especies diferentes de malezas solo en el oasis de Bujará.

Junto a estas especies se encuentran otras introducidas por la mano del hombre como árboles frutales, moreras, algodón, cereales, melón y sandía, principalmente.

En el aspecto faunístico, destaca la riqueza en diferentes especies de peces, más de 60, 9 especies de mamíferos y más de 410 especies de aves (Kogay, 1969). Entre la fauna del desierto figuran especies migratorias esporádicas en invierno en el norte del desierto como el antílope saiga (*Saiga tatarica*) o el varano transcaspiano (*Varanus griseus*). También se encuentra el ciervo de Bujará (especie local de *Cervus elaphus*), el jabalí (*Sus scrofa*), el faisán común (*Phasianus colchicus*) y el águila real (*Aquila chrysaetos*).

3.3 Recursos hídricos

El área de estudio está situada en la parte suroeste de Uzbekistán donde encuentran las áreas de cultivo del algodón con un uso intensivo del agua de riego que se abastecen desde el río Amu Darya.

Como ya se ha expuesto, el río Amu Darya nace en los montes de Pamir (Tayikistán), transcurre por la meseta de Turan y atraviesa los desiertos de Kizyl Kum y Karakum hasta desembocar en el Mar de Aral (Raadgever y Mostert, 2005).

La cuenca del río Amu Darya, que cubre el 81,5% del territorio de la República de Uzbekistán, se divide en tres tramos. La cuenca alta limita con Afganistán y Tayikistán y es donde se genera la mayor parte del flujo de agua; la cuenca media que limita primero con Uzbekistán y Afganistán y luego entra en Turkmenistán; y el tramo inferior, en Uzbekistán, antes de que el río desemboque en el Mar de Aral.

Sus principales afluentes dentro de Uzbekistán son los ríos Surkhandarya, Sherabad, Kara Darya y Zeravshan. Los ríos Surkhandarya y Zeravshan se originan en Tayikistán. El Zeravshan era el afluente más caudaloso del Amu Darya antes de que comenzara a explotarse

para el riego agrícola. Una vez que se realiza la extracción de agua para el regadío, el flujo restante sufre una alta tasa de evaporación en el desierto de Kyzyl Kum, cerca de la ciudad de Bujará.

Figura 3.11 Cuenca del río Amu Darya (DEMIS Mapserver)

El flujo total medio producido en la cuenca de Amu Darya se estima en 78,46 km^3/año, calculado mediante la suma de los recursos internos renovables de agua superficial (IRSWR) de los diferentes países de la cuenca, mientras que las probabilidades de 5 y 95% se estiman en 108,4 y 46,9 km^3/año respectivamente (UNEP, 2011).

Temporalmente, el período de abril a septiembre representa del 77 al 80% de los caudales procedentes del Amu Darya y de sus afluentes, y el período de diciembre a febrero del 10 al 13% del flujo anual. Esta distribución del flujo intra anual es favorable para el desarrollo de la agricultura de regadío en la región. Debido a las grandes pérdidas de agua cuando el río fluye a través del desierto y también a la gran extracción de agua por parte de la agricultura, el flujo que llega al Mar de Aral se limita a menos del 10% de esta cifra en los años más secos.

En este sentido, los recursos hídricos de la región se han visto negativamente afectados por la agricultura de regadío. El canal Abu Bujará Machine y el río Zarafshan, en el oasis de Bujará, una vez utilizados como fuentes de agua potable, se vieron alterados a consecuencia del drenaje de las aguas empleadas en el regadío.

En la Figura 3.12 se esquematiza la extracción de los recursos hídricos en la cuenca de Asia Central, surcada por los ríos Sir Darya y Amu Darya, destacando significativamente los usos agrarios. En esta cuenca viven aproximadamente cerca de 50 millones de personas de diferentes nacionalidades y grupos culturales. Es importante señalar, que a pesar del clima de la zona, el agua dulce per cápita en el río Amu Darya es de 2.087 metros cúbicos y en el río Sir Darya llega a 1.744 m^3.

El agua procedente de esta cuenca, sin contar Afganistán, tiene en su mayor parte como destino la agricultura con aproximadamente cinco millones de hectáreas destinadas al cultivo del algodón, trigo, pastos, frutas y hortalizas. El resto tiene como destino la producción de energía eléctrica y dar suministro a los complejos industriales uzbekos (industria metalúrgica, actividades extractivas, oro, uranio, gas en Navoi, Bujará y Samarcanda), tadzhikos (industria

del aluminio y cementera en Dushanbé y Turzunzade) y turkmenos (complejos petroquímicos y gasísticos) (UNEP, 2011).

El destino de los usos del agua es el 90% agricultura (básicamente regadío y ganadería), el 7% usos domésticos y únicamente el 3% usos industriales.

Figura 3.12 Recursos hídricos cuenca del Mar de Aral (Interstate Commission for Water Coordination of Central Asia, 2020)

En relación a estos flujos, según el World Bank (2017), a partir de modelos de flujo estacional con un horizonte en el año 2100, los volúmenes generales de flujo disminuirán bajo el cambio climático especialmente en el periodo de riego.

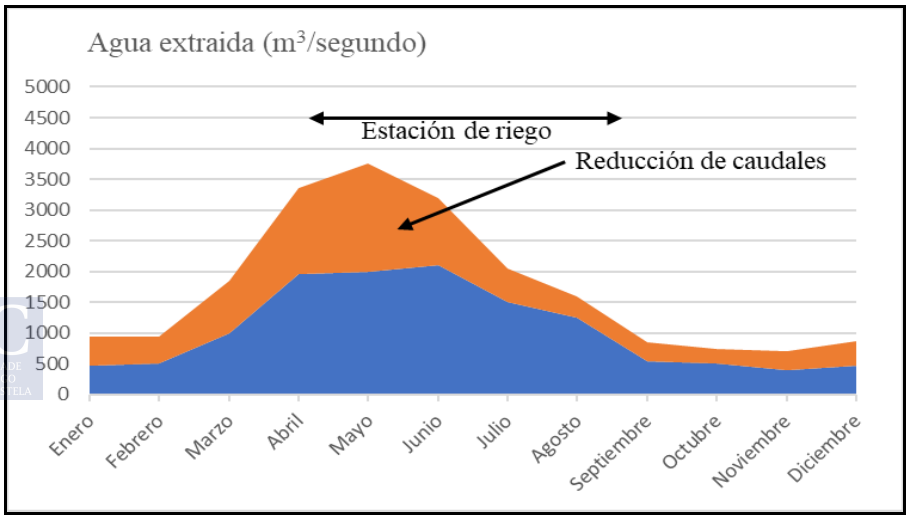


Figura 3.13 Evolución 2100 de flujos en el Amu Darya (World Bank, 2017)

Además, los recursos de agua subterránea de la región también sufrieron una significativa pérdida de calidad por culpa de la contaminación generada por el uso abusivo de fitosanitarios y defoliantes (Abdullaev, 2002).

3.3.1 Regadío

En la región de Bujará, en el año 2019, más del 50% del producto interior bruto tuvo su origen en el sector agrario. Esta zona, con una superficie total de 40.300 km², dispuso de alrededor del 5%, 275.100 hectáreas de tierra cultivable en el mismo año (CAWater-IS, 2020).

Es un territorio caracterizado por la presencia de numerosas explotaciones familiares agrícolas y destaca por el cultivo de vegetales, cereales, frutas, algodón y patatas. Dadas las duras condiciones climáticas de la zona, toda la agricultura depende del riego para su viabilidad siendo el riego por gravedad o inundación el empleado de forma mayoritaria.

En la tabla siguiente (Tabla 3.8) se recogen los datos facilitados por el Ministerio de Agricultura y Recursos de Agua (MAWR, 2020) sobre el volumen y destino del agua utilizada por los usuarios primarios de agua en el año hidrológico 2019 a partir del sistema de sistema "Amu Bujará System Irrigation". Este sistema es el encargado de la distribución de agua en la provincia de Bujará mediante el canal Amu Bujará Machine Canal, ABMK. El agua primaria es proporcionada por las Asociaciones de Consumidores de Agua, WCA, a los departamentos de riego del distrito.

Tabla 3.8 Agua consumida en Bujará en 2019 (MAWR, 2020)

Distrito	Cuota asignada (hm^3)	Volumen consumido (hm^3)	Volumen destinado al riego (hm^3)
Total provincia	4.077,9	3.844,5	3.684,5
Bukhara	386,6	386,2	277,2
Gijduvon	394,4	395,8	270,1
Jondor	507,7	513,2	329,5
Kogon	292,2	286,3	187,7
Karakul	368,0	369,1	250,8
Karaulbazar	254,9	254,8	160,3
Alat	312,1	312,6	215,2
Peshku	331,6	332,6	227,8
Romitan	408,5	401,6	272,2
Shafirkan	423,6	425,6	283,5
Vobkent	362,9	364,4	246,7
Bukhara city	36,0	37,3	24,0

Estos datos pueden discriminarse según el sector usuario:

Tabla 3.9 Agua consumida en Bujará en 2019 por sectores (MAWR, 2020)

	Volumen consumido (hm^3)
Total provincia Bukhara	3.844,5
Riego	3.684,5
Uso industrial y urbano	160,0
Sovkhozs	144,5
Pesca	15,5

USC UNIVERSIDADE DE SANTIAGO DE COMPOSTELA

La infraestructura destinada al regadío en la región de Bujará se compone de diferentes elementos de regulación de caudales ya que los recursos propios no son suficientes para mantener la producción agrícola por lo que es necesario trasvasarla desde el río Amu Darya.

En la Figura 3.14 recogemos un esquema del sistema de extracción de agua a partir del río Amu Darya. Este esquema, a pesar de su poca calidad, lo considero útil para describir el sistema de distribución de agua de riego. El agua extraída por dos potentes grupos de bombeo desde el cauce del río se conduce a un canal principal situado a 140 metros por encima del río llamado Amu Bujará Machine Canal (ABMK) que recorre 375 km hasta llegar a dos lagos creados artificialmente y que almacenan el agua. El primer lago se llama Tudakul, con una capacidad de 1.300 hm^3 y el segundo lago, llamado Kuyimozor, alberga 185.000 m^3.

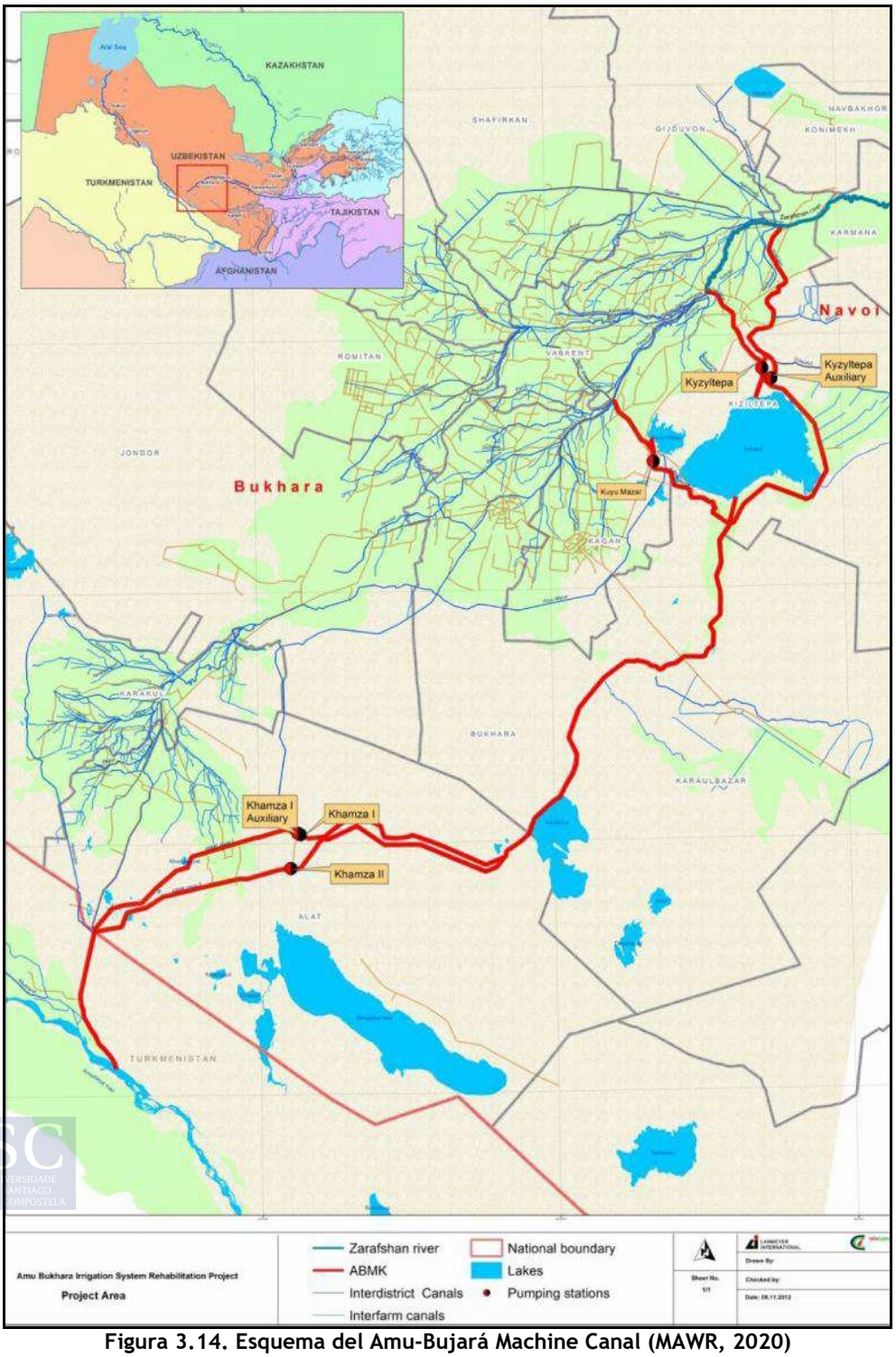


Figura 3.14. Esquema del Amu-Bujará Machine Canal (MAWR, 2020)

USC UNIVERSIDADE DE SANTIAGO DE COMPOSTELA

El sistema "Amu Bujará Sistem Irrigation" distribuye el agua a partir de las dos estructuras de acopio, mediante cinco canales principales que abastecen a una compleja red de distribución secundaria y terciaria que permite que el agua llegue a las tierras de cultivo. Los canales se llaman Amu-Corakul, Shoxrud-Dustlik, Jarjur-Duoba, Toshrabot-Jilvon y Toshrabot-Urtachul.

Para la distribución del agua de riego se utilizan 1.598,54 km de canales interregionales y 14.724 km de canales con carácter regional, junto con 7.680,1 km de colectores de desagües. Con esta infraestructura se consigue irrigar una superficie de poco más de 275 mil hectáreas. Esta superficie se mantiene en regadío por la existencia de esta extensa red de canales de distribución consiguiendo distribuir casi 4.000 hectómetros cúbicos anuales de media sin considerar las pérdidas en la red de transporte.

Tabla 3.10. Uso del agua por hectárea en Bujará 2006-2019 (Elaboración propia, 2020)

Años	Superficie (10^3 ha)	Agua (hm^3)	Agua por hectárea (m^3)
2006	274,6	3.930,2	14.312
2019	275,1	3.684,5	13.393

Gran parte de las instalaciones de transvase de agua de esta región tienen una antigüedad cifrada entre 30 y 40 años, por lo que precisan reparaciones costosas y frecuentes e incluso alguna reconstrucción urgente (Interstate Commission for Water Coordination of Central Asia. 2020). Más del 58% de las unidades de bombeo tienen más de 15 años, lo cual está fuera del período aconsejado de uso para estas máquinas. Además, el equipo obsoleto consume de un 5 a un 25% más electricidad de lo que haría una maquinaria nueva.

Este mismo problema se manifiesta en las infraestructuras de riego con una vida limitada: los canales de riego de 50 años, los aspersores agrícolas de 30, las bandejas de hormigón y el drenaje vertical de 25 años y los equipos electromecánicos de bombeo 15 años. El estado de los equipos de bombeo, la red de drenaje, los canales y el aumento de los depósitos, aumenta la probabilidad de accidentes y obliga a la reparación y al aumento de los costes de mantenimiento (Hamidov y otros, 2015). No sólo es necesaria la reconstrucción de los sistemas de riego, sino que también es necesario un uso más eficiente. Se producen importantes pérdidas de agua en los sistemas de riego. La eficiencia de los sistemas de distribución de agua de la región de Bujará es actualmente de sólo el 55% (en comparación con un estándar que ronda el 80%), lo que conduce a una pérdida entre 5 y 6 mil millones de metros cúbicos, lo que equivale al 20-30 % del agua movilizada, según diferentes fuentes.

3.3.2 Salinidad

Como ya se ha expuesto, uno de los principales problemas de calidad de los suelos en la región es la salinidad. Según Rahimov y otros (2020b), en 1994, sólo el 50% la tierra irrigada se clasificó como no salina según los estándares de Asia central (los iones tóxicos representan menos del 0,5% del peso total del suelo). En los tramos superiores de las cuencas de los ríos Amu Darya y Sir Darya, menos del 10% de la tierra es salina o muy salina, mientras que aguas abajo (especialmente en Karakalpakstán) alrededor del 95% de la tierra es salina o muy salina.

La región de Bujará, con una superficie total de 40.300 km², dispone de alrededor del 5%, 275.100 hectáreas de tierra cultivable (CAWater-IS, 2020). El 25,3% del total de la tierra cultivable, 69.600 hectáreas, están muy fuertemente, o fuertemente afectadas por la salinidad.

Los sistemas de riego practicados en la agricultura extensiva, mayoritaria en la región, son el riego por inundación y el riego por surcos donde el agua fluye por gravedad,

utilizándose la superficie del suelo agrícola como parte del sistema de distribución del agua. El incorrecto manejo de esta técnica puede producir un gasto excesivo de agua para la producción de cultivos (Neira y otros, 2005). La salinidad está estrechamente relacionada con las condiciones del drenaje.

Además, desde 1990, la reducción de la cantidad de agua asignada a cada finca, la menor calidad del agua y el declive de las empresas responsables del mantenimiento de la red de drenaje han provocado un aumento de la salinización (Rahimov y otros, 2020a). Aunque es importante la pérdida de la producción agrícola resultante de la salinización del suelo, en general se siguen cultivando tierras salinizadas.

La mala gestión del uso del agua, junto con otras técnicas incorrectas, está provocando la salinización de las tierras de cultivo. En esta región, fuertemente dependiente de la agricultura de regadío, la topografía plana no proporciona suficiente drenaje natural, el agua provocando encharcamientos y una elevación de las capas freáticas, lo que se ha convertido en problemas graves para la productividad agrícola (Kulmatov y otros, 2015).

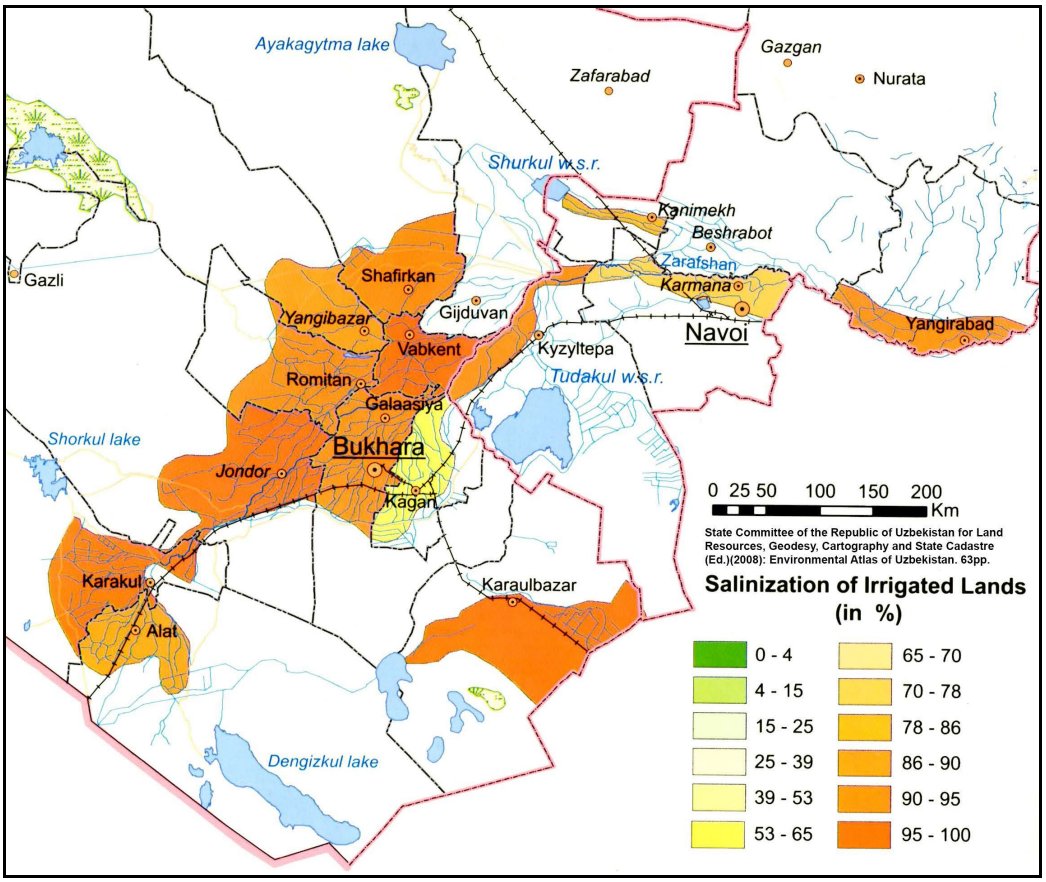


Figura 3.15 Salinización del suelo en el oasis de Bujará (State Committee of the Republic of Uzbekistan for Land Resources, Geodesy, Cartography and State Cadastre, 2012)

La combinación de la alta salinidad del agua de riego y una excesiva aplicación de fertilizantes conduce a una salinización generalizada del suelo. En estas condiciones, se supone que la lixiviación reduce la salinidad de la capa superior del suelo, pero como el sistema de drenaje solo cubre una pequeña porción de las áreas irrigadas y necesita mantenimiento, este proceso solo contribuye al proceso de salinización y a la reducción de la fertilidad del suelo y del rendimiento de los cultivos.

Una de las causas principales de la baja productividad económica de las tierras irrigadas en la región de Bujará es la escasa protección y mala gestión del suelo. El estado de conservación de la superficie en regadío se ha deteriorado en un 10% en los últimos 30 años, mientras que la superficie de suelos que se han desertificado ha aumentado en un 25% (Rahimov y Yavmutov, 2019). Según estos autores, en el 8,9% de la superficie en regadío en Bujará se realizan unas buenas prácticas de manejo del agua y del suelo, en el 91,1% restante las condiciones de manejo no son óptimas. Las medidas adoptadas en la gestión del agua de riego (land reclamation) en 48,2 mil hectáreas (17,5%) son insatisfactorias para la consecución de mejores eficiencias.

Tabla 3.11 Suelos de regadío según salinidad en Bujará (CAWater-IS, 2020)

Superficie de regadío		2006		2018	
		10^3 ha	%	10^3 ha	%
Total		274,6	100	275,1	100
Con salinidad		248,2	90,4	237,8	86,4
	Muy fuertemente afectada	15,9	5,8	7,5	2,7
	Fuertemente afectada	72,5	26,4	62,1	22,6
	Afectada	159,9	58,2	168,2	61,1
Sin salinidad		26,4	9,6	37,3	13,6

De la información proporcionada se puede resaltar que, sobre el total de la superficie en riego en la provincia de Bujará, podemos valorar el nivel de las medidas destinadas a acciones de rehabilitación que eviten la degradación de los suelos como bueno en el 8,9% de la superficie, satisfactorio en el 73,6% de la superficie e insatisfactorio en el 17,5%.

Tabla 3.12 Información sobre acciones de rehabilitación de suelos (Rahimov y Yavmutov, 2019)

Distrito	Superficie de riego (10^3 ha)	Nivel de las medidas de manejo		
		Bueno	Satisfactorio	Insatisfactorio
		10^3 ha	10^3 ha	10^3 ha
Alat	30,2	1,7	24,6	3,9
Bukhara	21,6	1,9	17,7	2,0
Gijduvon	33,0	2,2	24,6	6,2
Jondor	18,5	1,7	13,1	3,7
Kogon	21,4	1,5	11,8	8,1
Karakul	22,6	2,2	17,8	2,6
Karaulbazar	27,6	2,4	20,9	4,3
Peshku	28,3	1,9	22,4	4,0
Romitan	25,1	1,6	15,5	8,0
Shafirkan	19,7	3,1	14,7	1,5
Vobkent	27,0	4,2	18,9	3,9

Como resultado del uso irracional del agua en tales áreas, el rendimiento de los cultivos agrícolas, especialmente el algodón, es muy inferior que el observado en las tierras irrigadas bien protegidas o con sistemas de riego localizado.

3. 4 CARACTERIZACIÓN SOCIOECONÓMICA

En este capítulo describimos las principales características demográficas y económicas que definen las condiciones de contorno de este trabajo. La principal, y casi la única, fuente de información estadística a la que he recurrido en la redacción de este apartado es el Statistical Bulletin of Bukhara Region publicado por el Bukhara Regional Statistical Department (BRSD) correspondiente al 2019, a falta de la publicación del boletín correspondiente al año 2020 en el momento de la redacción de estas líneas en 2021.

3.4.1 Población

Según los datos del Statistical Bulletin of Bukhara Region publicado por el Bukhara Regional Statistical Department (BRSD), en la provincia de Bujará la población con residencia permanente en la región en el año 2018 ascendía a 1.899.500 personas, con un aumento de 29.294 personas (1,6%) con relación al año anterior, 2017.

Según estas mismas fuentes, el 62,83% de la población se localiza en asentamientos rurales de diferentes entidades y tamaños mientras que solo se puede considerar un 37,17% de la población como urbana.

Tabla 3.13 Datos de los distritos de Bujará (BRSD, 2019)

Identificación Figura 3.17	Distrito	Capital	Población (habs.)
1	Alat	Alat	97.400
2	Bukhara	Galaosiye	163.000
3	Gijduvon	Gijduvon	304.000
4	Jondor	Jondor	171.100
5	Kogon	Kogan	136.900
6	Karakul	Karakul	161.200
7	Karaulbazar	Karaulbazar	18.000
8	Peshku	Yangibozor	120.200
9	Romitan	Romitan	138.600
10	Shafirkan	Shafirkan	174.100
11	Vobkent	Vobkent	136.900

Al igual que el conjunto de la república, el territorio de la provincia se articula en 11 distritos con sus respectivas capitales administrativas. La capital cuenta con un distrito propio con administración independiente.

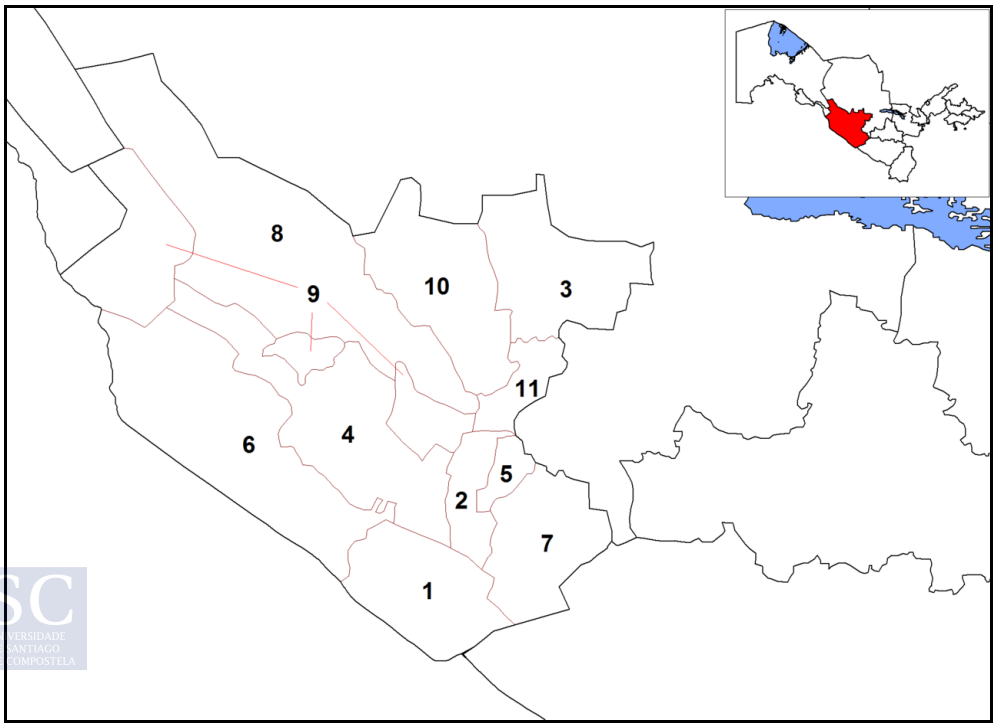


Figura 3.16 Organización administrativa de Bujará (Katpatuka, 2020)

USC UNIVERSIDADE DE SANTIAGO DE COMPOSTELA

La capitalidad recae en la ciudad de Bujará, con un total de 278.100 residentes permanentes en 2018. Su centro histórico fue declarado Patrimonio de la Humanidad por la Unesco en el año 1993 y es una de las dos ciudades históricas de la cultura uzbeka en la República (Checa, 2016). La mayor parte de su población es cultural y lingüísticamente uzbeka, a pesar de que la ciudad, al igual que Samarcanda, fue incorporada a la República Socialista Soviética de Uzbekistán durante el período soviético.

Bujará también es hogar de una antigua comunidad judía, que se remonta 2.500 años atrás, aunque en la actualidad solo 3.000 judíos residen en la ciudad. El término de judío de Bujará es habitualmente usado para describir a todos los judíos provenientes de Asia Central.

Figura 3.17 Vistas nocturnas de la ciudad de Bujará (gettyimages, 2020)

El capital humano de esta República se puede definir como muy joven y en crecimiento, dinámico, con una fuerte presencia del género femenino, multirracial y con un asentamiento mayoritario rural (Kantarci, 2007). En la provincia conviven uzbekos y tayikos, siendo estos últimos mayoría en la población. Las comunidades, que suelen ser en su mayoría mixtas, suelen ser bilingües y exhiben una cultura común e incluso una organización económica similar. Es común la expresión en la provincia de "un pueblo con dos idiomas".

3.4.1.1 Estructura de la población

En cuanto a la estructura demográfica destaca el fuerte dinamismo de la provincia con una tasa anual media de crecimiento de la población del 1,7%, una estructura de género de 0,99 (número de hombres/número de mujeres) y una población muy joven:

USC UNIVERSIDADE DE SANTIAGO DE COMPOSTELA

Tabla 3.14 Estructura por edades (BRSD, 2019)

Rango	Distribución
0-14 años	28,0%
15-64 años	67,7%
65 años o más	4,3%

La tasa de natalidad en 2018 fue de 21,3 por mil con un número de nacimientos de 40.222, valor que aumentó en 2.994 con relación al año anterior 2017. Únicamente se apreció una disminución de la tasa de natalidad en los distritos de Karavulbozor (20,8 a 20,3 por mil) y Kagan (23,8 a 20,3 por mil).

El número de muertes en 2018 alcanzó un valor de 7.984 personas y disminuyó en -352 en comparación con el año 2017 (8.336 personas). En consecuencia, la tasa de mortalidad fue de 4,2 por mil. Se detectó un ligero aumento en Kagan (5,2 a 5,5 por mil), Bukhara (4,9 a 5,0 por mil) y en el distrito de Karavulbozor (2,8 a 3,2 por mil). En todos los demás distritos, se observó una tendencia a la baja.

En 2018, el número de inmigrantes en la región ascendió a 6.091 personas, mientras que el número de emigrantes durante el mismo período fue de 9.035 personas con un saldo negativo de 2.944 personas.

3.4.2 Sectores económicos

El Producto Interior Regional, PIR, alcanzó en 2018 un total de 1.627,58 millones de euros sin incluir 110,3 millones de euros correspondientes a impuestos netos sobre productos (BRSD, 2019).

Tabla 3.15 Distribución del PIR en 2018 (BRSD, 2019)

PIR	Millones (€)	%
Total	1.627,583	100,0
Agricultura, silvicultura y pesca	839,983	51,6
Industria	226,647	13,9
Construcción	119,366	7,3
Servicios	441,585	27,4

Para valorar correctamente estos datos hemos de tener presente que en el año 2018 el valor de 1 € era al cambio 9.363,1 uzk y que el salario mínimo mensual en el año 2018 se cifraba en 501.959,5 uzk (40,74 €). Estos datos han evolucionado de forma muy favorable en el tiempo, de manera que, en 2020, el salario medio mensual se acerca a los 2,5 millones de uzk (207 €) con un tipo de cambio de 12.077,149 uzk/€.

En 2018, las empresas de la región produjeron un volumen de bienes industriales por valor de 700 millones de €. La tasa de crecimiento de la producción industrial ascendió a 103,0% en comparación con el año anterior de 2017.

La producción industrial se distribuye como indica la Tabla 3.16.

Tabla 3.16 Distribución de la producción industrial en 2018 (BRSD, 2019)

Sector		Millones (€)	%
Minería y extracción a cielo abierto		49,39	7,05
Industria manufacturera	Total Industria Manufacturera	619,46	88,48
	Industria Alimentaria	136,32	19,47
	Fabricación de productos textiles	157,84	22,55
	Coque y petróleo	291,54	41,46
	Industria metalúrgica	23,83	3,58
	Resto producción	9,93	1,42
Electricidad, gas, suministro de vapor y aire acondicionado		21,47	3,07
Suministro de agua; alcantarillado, recogida y eliminación de residuos		9,77	1,40

USC UNIVERSIDADE DE SANTIAGO DE COMPOSTELA

La industria energética desempeña un papel estratégico y es de fundamental importancia en la economía de la provincia. Existen importantes depósitos petrolíferos como los de Kandim, Okkum y Parsonkul, de los cuales se calculan cerca de 10 millones de toneladas de reservas de petróleo y 220 mil millones de m^3 de gas natural.

Otra industria importante es la textil, la cual gira en base al algodón y la seda. Destaca la producción de artesanías tradicionales uzbekas, de las cuales destacan los cerámicos y el bordado con oro.

En cuanto a la localización geográfica de la producción industrial, esta se concentra en el distrito de Karavulbozor, la ciudad de Bujará, el distrito de Romitan y el distrito de Gijduvan con el 34,2%, el 17,5%, el 7,1% y el 6,9% de la producción industrial de la región, respectivamente.

El volumen total de los tres sectores de la producción industrial alcanzó un total de 700,06 millones de euros en 2018. En el sector de la construcción en el reparto de la actividad destacan tres tipos diferentes de actividad: construcción de edificios y estructuras (70,55%), instalaciones civiles (16,24%) y trabajos de construcción especializados (13,21%).

Como se aprecia en la Tabla 3.16, la participación del sector Servicios en el PIR ascendió a 27,4% en 2018 (29,4% en 2017). Este epígrafe puede dividirse en comercio y turismo con una participación en el total del 7,4% (7,9% en 2017), servicios de transporte, almacenamiento, información y comunicación con un 6,5% (7,6%) y otros servicios con el 13,3% restante (13,9 % en 2017).

3.4.2.1 Población activa en la agricultura

Para valorar el peso del sector agrario en cuanto a ocupación laboral, relacionamos la población activa y la población ocupada en el sector de la agricultura, que es el mayoritario frente al sector forestal. A partir de los datos del Instituto de Comercio Exterior de España (ICEX, 2021) recogemos en una tabla (Tabla 3.17) los índices más representativos para valorar el nivel de empleo y de ocupación laboral de la población en 2020.

Tabla 3.17 Tasas de ocupación laboral en Bujará (ICEX, 2021)

Indicador	Porcentaje (%)
Población activa/población con más de 15 años	65,6
Mujeres activas/población activa total	41,6
Población ocupada por sectores: Agricultura	21,9
Población ocupada por sectores: Industria	37,5
Población ocupada por sectores: Servicios	40,4
Tasa de desempleo	7,2

3.5 SECTOR AGRARIO

En 2018 (BRSD, 2019), el volumen total de la producción agraria (productos y servicios agrícolas, forestales y pesqueros) en la provincia de Bujará equivalía a 1.434,89 millones de €. Esta actividad incluye la producción agrícola bruta, 727,34 millones de €, la producción ganadera bruta, 682,95 millones de €, los servicios prestados en la agricultura, 6,79 millones de €, la pesca, 8,03 millones de €, la silvicultura con 9,74 millones de € y la caza con un valor anecdótico de poco más de 30.000 €. En este cálculo no se contemplan los 29,78 millones de € generados en las ciudades de Bujará y Kogon.

La región de Bujará representa el 11,1% de la superficie de las tierras agrícolas y el 6,1% de las tierras agrícolas en regadío en el país (SCRUS, 2020). En la región se encuentra el 6% de los cultivos de cereales de la República (con el 9% de la producción nacional) y el 9% de la superficie dedicada al algodón con el 12% de la cosecha anual.

Esta producción responde a pequeños huertos familiares destinados íntegramente al autoconsumo. La actividad agraria se desarrolla en todos los distritos de la región desde tres fórmulas diferentes: pequeñas granjas familiares o "Dehkan" (70,6%), explotaciones agropecuarias (28,3%) y organizaciones estatales (1,1%).

Tabla 3.18 Producción agraria y tenencia de la tierra (BRSD, 2019)

Distrito	Producción Agraria (Millones €)	Granjas familiares	Explotaciones agrarias	Organizaciones estatales
Alat	97,80	74,6%	25,2%	0,2%
Bukhara	168,27	67,8%	31,8%	0,4%
Gijduvon	169,71	73,9%	25,0%	1,1%
Jondor	162,51	68,1%	30,3%	1,6%
Kogon	100,67	73,7%	20,4%	5,9%
Karakul	142,38	76,7%	23,0%	0,3%
Karaulbazar	37,39	41,4%	53,5%	5,1%
Peshku	132,31	67,2%	32,4%	0,4%
Romitan	129,44	71,0%	28,3%	0,7%
Shafirkan	132,31	70,4%	29,3%	0,3%
Vobkent	138,07	71,2%	28,7%	0,1%

Las pequeñas granjas familiares (shirkats) se reclasificaron en Uzbekistán como granjas dehkan en 1998, cuando se aprobó la Ley de granjas dehkan (Lerman, 2008). Alrededor del 60% de toda la producción agrícola en el país proviene de granjas dehkan, que controlan menos del 5% de la tierra cultivable en el país y tienen un tamaño promedio de menos de 0,2 hectáreas. Esas pequeñas granjas cultivan vegetales y crían ganado. Los cultivos extensivos, principalmente rotaciones mixtas con trigo y/o el algodón como cultivo mayoritario, generalmente se cultivan en explotaciones agrarias más grandes (tamaño promedio superior a 40 hectáreas y en los pocos shirkats existentes (antiguas explotaciones colectivas o kolkhozs).

3.5.1 Agricultura

Como se indicó en la introducción de este apartado, el volumen total de la producción agrícola bruta en la región de Bujará asciende en el año 2018 a la cantidad de 727,34 millones de € (BRSD, 2019). Destaca la producción de cereales, algodón y productos de huerta, aunque un porcentaje muy grande de estos últimos (patata, vegetales y fruta) se destinan exclusivamente al autoconsumo y solo llegan al mercado algunos excedentes.

Tabla 3.19 Producciones agrícolas (BRSD, 2019)

Cultivo	2017 (toneladas)	2018 (toneladas)
Cereales	633.210	550.258
Algodón	302.749	296.391
Patata	200.969	212.625
Vegetales	695.357	698.834
Melón	144.759	148.233
Uva	188.961	191.040
Otras frutas y bayas	269.647	280.163

USC UNIVERSIDADE DE SANTIAGO DE COMPOSTELA

Resulta interesante relacionar las producciones agrícolas con el modelo de tenencia de la tierra. La relación entre tenencia de la tierra y productividad es un tema estudiado desde siempre (Dorner, 1966). En este contexto, definimos la tenencia de la tierra como la relación, definida en forma jurídica o consuetudinaria, entre personas, en cuanto individuos o grupos, con respecto al territorio, el agua y los árboles. Parece demostrado que, además de otros

elementos como la tecnología, la estructura de la propiedad, las condiciones de mercado y de financiación, la tenencia de la tierra condiciona en gran medida la realidad del sector agrícola y ganadero.

Como ya se ha explicado anteriormente, los kolkhozs constituyen grandes explotaciones colectivas que entregan al estado la producción agrícola y ganadera (excepto algunos productos) y pueden acceder a las cuotas de producción del algodón y de los cereales. Los sovkhozs son explotaciones colectivas que dependen directamente del estado y, por tanto, toda su producción debe ser entregada. Los shirkats son grandes empresas agrícolas cooperativas o familiares, establecidas para reemplazar a los kolkhozs y sovkhozs y la producción también debe entregarse al estado. Los dehkan son pequeñas granjas familiares que gozan de mayor libertad en el mercado, pero no pueden acceder a los cupos de producción de cereales y algodón.

Tabla 3.20 Producción agrícola y tenencia de la tierra en 2018 (BRSD, 2019)

Cultivo	Granjas familiares	Explotaciones agrarias	Organizaciones estatales
Cereales	28,8%	70,4%	0,8%
Algodón	--	92,8%	7,2%
Patata	92,1%	7,8%	0,1%
Vegetales	79,4%	19,7%	0,9%
Melón	73,3%	26,4%	0,3%
Uva	60,1%	39,6%	0,3%
Otras frutas y bayas	50,0%	59,4%	0,6%

De la misma forma que existe una relación entre la producción agrícola y la distribución de la propiedad de la tierra, podemos apreciar una relación entre los diferentes productos agrícolas y la localización geográfica lo que revela una especialización productiva.

Tabla 3.21 Producción agrícola por provincias en 2018 (BRSD, 2019)

Distrito	Cultivos (10^3 toneladas)						
	Cereales	Algodón	Patata	Vegetales	Melón	Uva	Otras frutas
Alat	49,1	25,1	18,8	51,0	16,3	7,2	12,5
Bukhara	50,8	29,0	36,4	117,0	17,1	44,1	37,5
Gijduvon	58,6	28,2	21,7	83,5	13,4	19,1	35,3
Jondor	50,3	35,8	28,5	86,0	17,0	23,5	39,6
Kogon	35,4	19,9	20,5	28,6	3,0	5,0	7,4
Karakul	53,2	28,4	11,5	77,7	15,0	19,2	22,8
Karaulbazar	34,6	10,6	3,0	19,2	16,5	1,0	2,6
Peshku	45,8	29,2	24,6	74,0	23,3	14,0	29,2
Romitan	56,0	33,6	14,7	61,0	11,5	16,0	26,9
Shafirkan	55,7	23,5	13,0	47,2	7,0	24,5	23,9
Vobkent	60,7	32,9	19,9	54,1	8,3	17,7	42,5
Total	550,2	296,2	212,6	699,3	148,4	191,3	280,2

Con el objeto de facilitar la interpretación de los datos contenidos en la Tabla 3.21 resulta más útil y evidente si expresamos los valores en porcentajes sobre los totales. Esta información se recoge en la Tabla 3.22.

A pesar de la importancia económica, y estratégica, de la producción de algodón y de cereales, el 81,8 % de la producción (expresada en volumen) en la provincia de Bujará corresponde a frutas y verduras (producción hortofrutícola).

Tabla 3.22 Distribución de la producción agrícola por provincias en 2018 expresado en % (BRSD, 2019)

Distrito	Cereales	Algodón	Patata	Vegetales	Melón	Uva	Otras frutas
Alat	8,9	8,5	8,8	7,3	11,0	3,8	4,5
Bukhara	9,2	9,8	17,1	16,7	11,5	23,1	13,4
Gijduvon	10,7	9,5	10,2	11,9	9,0	10,0	12,6
Jondor	9,1	12,1	13,4	12,3	11,5	12,3	14,1
Kogon	6,4	6,7	9,6	4,1	2,0	2,6	2,6
Karakul	9,7	9,6	5,4	11,1	10,1	10,0	8,1
Karaulbazar	6,3	3,6	1,4	2,7	11,1	0,5	0,9
Peshku	8,3	9,9	11,6	10,6	15,7	7,3	10,4
Romitan	10,2	11,3	6,9	8,7	7,7	8,4	9,6
Shafirkan	10,1	7,9	6,1	6,7	4,7	12,8	8,5
Vobkent	11,0	11,1	9,4	7,7	5,6	9,3	15,2

3.5.2 Ganadería

El volumen total de la producción ganadera bruta en la provincia de Bujará asciende en el año 2018 a la cantidad de 682,95 millones de € (BRSD, 2019). Esto representa el 48,4% de la producción agraria bruta. Destacar el importante peso de este sector en el conjunto de la economía agraria y en la industria de transformación.

Según estos datos las principales producciones ganaderas en la región son:

Tabla 3.23 Producciones ganaderas en 2018 (BRSD, 2019)

Producción	2017	2018
Carne (peso en vivo) (toneladas)	223.426	241.300
Leche (toneladas)	905.967	941.300
Huevos (10^3 unidades)	363.551	436.625
Lana (toneladas)	4.216	3.837
Piezas cuero astracán (unidades)	217.450	434.900
Capullos gusano de seda (toneladas)	1.502	1.660
Miel (toneladas)	1.748	1.765

Al relacionar la modalidad de la tenencia de la tierra con los indicadores de producción ganadera, se observa que el protagonismo recae en las pequeña granjas y explotaciones familiares (dehkan). Especialmente, destaca la producción de carne (con el 96,3% del total), la producción de leche (con el 95,2% del total), la producción de miel (con el 91,7% del total), la producción de piel de astracán (con el 87,3% del total), la producción de lana (con el 83,9% del total) e incluso la producción de huevos (con el 57,6% del total).

Tabla 3.24 Composición de la cabaña ganadera en Bujará (BRSD, 2019)

Especie	2017	2018
Vacas	383.949	394.700
Ovejas y cabras	2.067.446	2.121.200
Caballos	4.866	5.207
Aves de corral	4.030	4.441

USC

En la Tabla 3.24 se recoge la composición de la cabaña ganadera en 2018, siempre según el BRSD (2019), incluyendo vacas, ovejas, cabras, caballos y aves de corral (en cabezas o unidades).

Al analizar la relación de la composición de la cabaña ganadera con el modelo de tenencia de la tierra, se repite lógicamente el patrón seguido de la relación producción ganadera y derivados con la estructura de la explotación de la tierra.

Tabla 3.25 Cabaña ganadera y tenencia de la tierra en 2018 (BRSD, 2019)

Especie	Granjas familiares	Explotaciones agrarias	Organizaciones estatales
Vacas	92,9%	5,6%	1,5%
Ovejas y cabras	81,7%	11,7%	6,6%
Aves de corral	59,6%	10,6%	20,8%

3.5.3 Otras actividades agrarias

En este apartado se agrupan diferentes actividades económicas del ámbito agrario de escaso peso específico actualmente, pero con importancia estratégica en el desarrollo del país, principalmente servicios prestados en el sector.

En 2018 (BRSD, 2019), el valor de los servicios prestados en la agricultura, vinculados directamente al sector agrícola y ganadero, ascendió a 6,79 millones de €, la pesca, 8,03 millones de €, la silvicultura con 9,74 millones de € y la caza con solo 33.536 €.

Tabla 3.26 Relevancia de otras actividades agrarias (BRSD, 2019)

Actividad	Millones €	% sobre el total de la Producción Agraria
Producción Agraria	1.434,89	100
Servicios agrícolas	6,79	0,47
Pesca	8,03	0,56
Silvicultura	9,74	0,68
Caza	0,0034	0,002

3.6 EXPLOTACIÓN RUSTAM FAYZ

La explotación agrícola destinada al cultivo del algodón Rustam Fayz está situada al norte del oasis de Gijduvon en el distrito del mismo nombre. Este distrito, situado al noroeste de la provincia de Bujará, concentra a poco más de 300.000 habitantes en un territorio caracterizado por la presencia de numerosas explotaciones familiares agrícolas con algo más de 33.000 ha en regadío.

Figura 3.18 Situación del distrito de Gijduvon en Bujará (Katpatuka, 2021)

Con una altitud media de 219 metros sobre el nivel del mar, Gijduvon se considera la puerta noreste del oasis de Bujará. Su capital, también denominada Gijduvon, se encuentra a 49 km de la capital de la provincia Bujará. Ocupando un fértil valle entre las aglomeraciones urbanas

de Gijduvon y Shafirkan, esta zona destaca por su producción agrícola, singularmente el cultivo de cereales, algodón, vegetales, frutas, patatas y con una creciente actividad ganadera vinculada a las explotaciones.

La mayoría de los suelos agrícolas en este distrito son suelos áridos con un riego por superficie intensivo y sin problemas de salinidad. Son suelos con una textura definida como franco-medio, aunque a veces aparecen suelos franco-arenosos, con una presencia de humus que varía entre el 0,6% y el 0,9% en la capa cultivable.

La actividad de la explotación agrícola Rustam Fayz se centra en la producción para el Estado de algodón y cereales, así como la producción ganadera (lácteos y carne). Con relación al año 2020, en 2021 se redujo su extensión a una superficie útil total de 178,0 ha aunque mantiene los 23 empleados fijos.

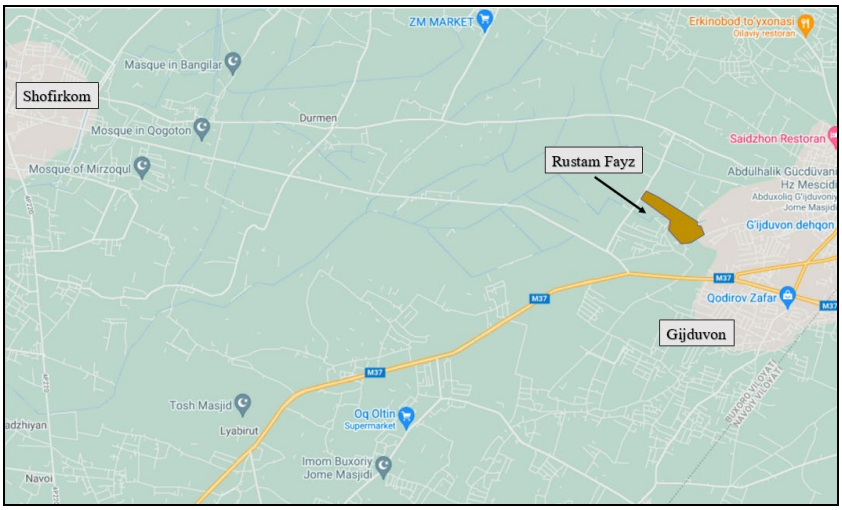


Figura 3.19 Localización del asentamiento urbano de Rustam Fayz (Google maps, 2021)

Del total de la superficie agraria, en el año 2020 (232,9 ha) se obtuvieron cupos de producción para 123,3 hectáreas de algodón en regadío y 70,8 hectáreas para trigo. Las 38,8 hectáreas restantes se destinaron al desarrollo ganadero.

Figura 3.20 Imagen aérea de la explotación Rustam Fayz (Google maps, 2021)

En ese ejercicio del año 2020, se facturaron cereales por valor de 356.273.584 uzs (29.500 €), algodón por valor de 1.311.960.416 uzs (108.3620 €) y productos lácteos y cárnicos por un total de 48.000.000 uzs (3.975 €). De esta forma el Estado obtuvo un beneficio neto de 250 millones de uzs (20.700 €) por la venta de algodón, cereales, productos lácteos y cárnicos. Para valorar estas magnitudes conviene tener presente que, en el año 2020, el salario mínimo mensual es de 634.880 uzs (53 €).

La granja Rustam Fayz dispone de un conjunto de instalaciones e infraestructuras originarias del año 1985 aunque con incorporaciones posteriores, mejoras y ampliaciones significativas. Estas instalaciones están distribuidas en una superficie útil superior a una hectárea y media. Yo destaco la disponibilidad de una gran superficie de cobertizos (4.800,0 m^2) con diferentes usos (almacén cosecha, parque de maquinaria y aperos), el edificio central de administración (2.519,0 m^2 en su planta baja), el comedor independiente, el edificio comunitario, 5 almacenes auxiliares y el edificio de Acceso y Seguridad. Vinculada a la actividad ganadera, se dispone específicamente de 4 naves para ganado vacuno y 2 naves destinadas a la avicultura. Estas instalaciones se completan con un conjunto de 7 patios para diferentes usos y un conjunto de viales interiores.

Hasta el año 2018 el riego se realizó por gravedad o inundación por surcos a partir de agua regulada procedente del embalse de Tudakul, con una capacidad de 1.300 hm^3, y conectado con el lago Kuyimozor. El agua procedente del embalse de Tudakul se transporta hasta la explotación agraria a través del canal de distribución de Toshrabot-Jilvon, estructura perteneciente al sistema "Amu Bujará Sistem Irrigation".

Figura 3.21 Riego por gravedad en Rustam Fayz (Elaboración propia, 2016)

La infraestructura de riego de la explotación Rustam Fayz se compone de un repartidor principal unido a tres canales de distribución (Este, Norte y Oeste) con una longitud total de 5.176 m de longitud, una red de acequias secundarias de más de 4.600 m y una red de drenaje bastante completa y en buen estado. Esta infraestructura cubre una superficie de riego potencial de 212 ha.

Los 3 canales de distribución son de sección rectangular de 1 metro de altura y una base de 0,70 metros, revestidos en hormigón, y que terminan en el colector de drenaje Norte que recorre el perímetro norte de la explotación de forma paralela a una pista de servicio en tierra.

El canal Este tiene una longitud de 1.709 metros y presenta caudales que varían desde los 0,8 m^3/s en la derivación hasta los 0,4 m^3/s en su vertido al colector Norte. Este canal sirve potencialmente a una superficie de 45,7 ha destinadas normalmente al cultivo de trigo, de otros cereales de invierno o a forrajeras para alimentación animal.

Figura 3.22 Repartidor de agua en la entrada de la explotación (Elaboración propia, 2018)

El canal Norte, con 1.465 metros de longitud, domina una superficie de 66,2 ha y también desemboca en el colector Norte. Presenta caudales variables entre los 1,1 m^3/s y los 0,5 m^3/s. El canal Oeste parte del repartidor principal siguiendo el perímetro de la explotación hacia el oeste y después cruza una superficie dominada de 98, 1 ha. Dispone una longitud de 2.002 metros con caudales desde 1,7 m^3/s a 0,8 m^3/s. Estos dos últimos son los encargados del riego del algodón en los últimos años.

Parte de esta red de canales, concretamente el canal Oeste, y de las acequias terciarias, fueron modificadas en el año 2019, para dotar a la explotación con un depósito de regulación en tierra (2.324 m^3), un grupo de bombeo y un sistema de riego localizado en una superficie de 21 ha, dividido en 3 sectores de riego de 7 ha, diseñado para el cultivo del algodón.

Tabla 3.27 Parque de maquinaria en Rustam Fayz (Elaboración propia, 2021)

Maquinaria	Descripción
Cosechadora	TT3-80/11 (2003)
Góndola para transporte de tractores	Belorussia 82 (2010)
5 Tractores	2PTC4-793 (1982-1988)
3 Arados chisel	2013
2 Arados subsolador	PY 3 35 (1985) I QOR 3 (2013)
Sembradora	KV 4 (2008)
3 Cultivadores de grada	KPX 4 (1985, 2013)
2 Abonadoras	ZIG-ZAG
Nivel láser	Leveler
2 Furgonetas	2005 2018

USC UNIVERSIDADE DE SANTIAGO DE COMPOSTELA

En cuanto a la maquinaria propiedad de la explotación, en la tabla anterior (Tabla 3.27) se presenta el parque disponible a 2021, según el inventario de Rauf Rustamov, responsable de la granja Rustam Fayz. Es importante comentar que gran parte de las tareas agrícolas son desempeñadas por maquinara externa propiedad de cooperativas de servicio estatales. Esto es así ya que, a partir de 1993, el gobierno creó una serie de agencias estatales de insumos agrícolas que suministran servicios de maquinaria, fertilizantes, semillas y productos químicos.

3.6.1 Modernización del regadío en Rustam Fayz

Dentro de los esfuerzos gubernamentales por mejorar la eficiencia en el uso del agua, diversificar la producción agrícola, luchar contra los problemas medioambientales (salinidad y desertificación y liberar recursos que permitan el desarrollo de otros sectores), a principios del año 2019 se aprobó el Decreto del Presidente de la República de Uzbekistán "S*obre medidas para el uso eficiente de la tierra y los recursos hídricos en la agricultura*" (NAPM, 2020). En este texto se establece como objetivo futuro la introducción de nuevas tecnologías de riego en 253.381 hectáreas para el período 2019-2022.

En este Decreto se aprueban una serie de líneas de apoyo financiero a los agricultores que decidan modernizar los sistemas de riego. Con cargo al presupuesto estatal de la República de Uzbekistán, a los productores de algodón crudo que decidan introducir tecnologías de riego por goteo se les otorgará un subsidio de 8 millones de uzs por cada hectárea de superficie de algodón transformada en riego por goteo. Otra medida contemplada es la asunción por parte del Fondo Estatal para el Desarrollo Empresarial, dependiente del Gabinete de Ministros de la República de Uzbekistán, de los costos de los intereses sobre los préstamos a productores de algodón crudo para la construcción, reconstrucción y compra de sistemas de riego por goteo con determinadas limitaciones. Además, se decide no aplicar a los contratos de importación firmados por los productores de algodón en bruto en el marco de los trabajos sobre la introducción de la tecnología de riego por goteo el requisito de examen y registro de los dichos contratos de importación con los beneficiarios de los fondos del presupuesto.

Figura 3.23 Mejora en la red de distribución, Rustam Fayz (Elaboración propia, 2020)

Finalmente, y solo hasta el 1 de enero de 2021, los componentes y materias primas requeridas para la introducción de la tecnología de riego por goteo, importadas por los productores nacionales de algodón crudo, así como los fabricantes de sistemas de riego por goteo, estarán exentos de derechos aduaneros.

En este contexto, en el año 2018 el Ministerio de Agricultura y de los Recursos Hídricos (MAWR) aprueba ayuda financiera para la ejecución de la mejora y modernización del regadío de 21 hectáreas destinadas al cultivo de algodón en la explotación Rustam Fayz. Las obras de mejora afectaron a la red de distribución del agua y la modernización afectó al sistema de riego empleado en la superficie conveniada entre la gerencia de la explotación, el MAWR y el Banco de la República de Uzbekistán que financió a la explotación.

Las obras fueron realizadas completamente en el año 2019 de forma que esa misma campaña de riego ya se realizó en riego por goteo después de diferentes ensayos y acciones de puesta a punto. Los trabajos realizados consistieron en la transformación del sistema de riego por superficie en riego por goteo en superficie. La transformación fue ejecutada por contratistas del estado siguiendo los parámetros de diseño establecidos por el MAWR correspondientes a una explotación en suelos yermosoles sin presencia de problemas de salinidad a través de los proyectos piloto empleados por el Ministerio.

El diseño de la red de riego ejecutado en Rustam Fayz en 2019 es una instalación de riego por goteo en superficie con tuberías portagoteros dispuestas entre cada dos líneas de planta con goteros integrados de 0,5 l/h espaciados 1 m. La instalación domina una superficie de 21 hectáreas divididas en 3 sectores de riego con la misma superficie, 7 hectáreas.

La inversión final superó los 2.600 millones de uzs financiados gracias a las líneas de ayuda financiera contempladas por el Ministerio de Agricultura y de los Recursos Hídricos (MAWR) con una subvención directa del 50% del coste total. A través de un convenio de colaboración, el origen de la tecnología de riego por goteo empleada corresponde a empresas del estado de Israel y, las tuberías subterráneas fueros fabricadas y exportadas por empresas de Turquía. Esta inversión representó un valor total de 275.232 € al tipo de cambio oficial del uzs en 2019.

Figura 3.24 Cabezal de riego a presión en Rustam Fayz (Elaboración propia, 2020)

USC UNIVERSIDADE DE SANTIAGO DE COMPOSTELA

Esta inversión incluyó los costes de presurización, ya que, para conseguir la presión de trabajo necesaria, hubo que instalar un grupo de bombeo (185 kW y 500 m^3/hora), un transformador eléctrico (400 Kw), un sistema de filtración y una balsa de regulación, con una capacidad de 2.324 m^3.

En la Tabla 3.28 se recoge sucintamente las diferentes partidas ejecutadas directamente vinculadas a la explotación objeto de estudio.

Tabla 3.28 Costes de la implementación del riego por goteo en Rustam Fayz (Elaboración propia, 2020)

Equipamiento	Cantidad	Unidades	Coste (€)	Depreciación (años)
Tubería subterránea (D280; D110)	6.700	metro	84.454	15
Tubería flexible	6.700	metro	16.891	5
Tubería portagoteros	1.116.622	metro	32.842	1
Válvulas	45	unidad	13.235	5
Accesorios	134	kit	14.976	5
Sistema filtración	1	kit	61.933	15
Bomba de presión	2	unidad	16.892	5
Transformador	1	unidad	5.630	20
Obra civil			555	20
Otros gastos			33.782	

USC UNIVERSIDADE DE SANTIAGO DE COMPOSTELA

4. MATERIAL Y MÉTODOS

En primer lugar, este capítulo recoge los datos sobre el consumo de agua destinada al riego del cultivo del algodón en la explotación piloto con el objetivo de cuantificar la mejora en la eficiencia en el uso del agua en el riego al transformar el sistema tradicional de riego por superficie a un sistema de riego localizado, en nuestro estudio riego por goteo. Para ello disponemos de la propiedad Rustam Fayz, con asignación estatal de cuotas para el cultivo de algodón y trigo, situada en Gijduvon en la región de Bujará, donde se han tomado datos de campo relativos al consumo de agua desde el año 2016 hasta el año 2021. Para valorar la eficiencia en el uso del agua emplearemos como indicador la relación entre la producción anual obtenida y la cantidad de agua aplicada (kg/m^3 y ha).

En un segundo apartado, se describe la recogida de datos desde la campaña 2016 hasta 2021 de los valores de diferentes insumos como semillas, abonos, fitosanitarios, combustibles, costes de la maquinaria y salarios. En esta explotación, y gracias al apoyo estatal, se terminaron las obras de mejora y modernización del regadío en el año 2019. Las obras de mejora afectaron a la red de distribución del agua y la modernización afectó al sistema de riego empleado.

Finalmente se describe la situación de partida relativa al cultivo del algodón en regadío por superficie para aplicar nuestros resultados bajo distintas hipótesis en diferentes escenarios considerados como posibles de forma que nos permita discutir aspectos relativos a la mejora.

4.1 MEDIDA DEL CONSUMO DE AGUA EN EL CULTIVO DEL ALGODÓN EN RUSTAM FAYZ 2016/2021

Durante el periodo 2016 al 2021, se registró el volumen de agua consumido en el riego del cultivo del algodón en cada campaña con la particularidad de que, ya en la campaña 2019, se reemplazó el sistema tradicional de regadío por superficie por el riego por goteo en los canteros destinados a dicho cultivo.

El volumen de agua empleado en el riego por inundación del algodón está vinculado con la superficie destinada al cultivo y, esta última, a las cuotas de producción asignadas a la explotación por el Gobernador de la provincia. En los últimos años se ha reducido significativamente este cultivo en favor de otros, especialmente cereales de grano, fruta, productos hortícolas y productos ganaderos como consecuencia directa de la nueva realidad económica de la República.

Tabla 4.1 Ocupación de la superficie útil de Rustam Fayz 2016/2021 (Elaboración propia, 2022)

Campaña	Superficie útil para el riego por superficie (ha)		Superficie útil para el riego por goteo (ha)
	Algodón	Trigo	Algodón
2016	156,5	42,0	-
2017	148,9	48,1	-
2018	134,2	61,8	-
2019	113,0	56,9	21,0
2020	102,3	70,8	21,0
2021	63,0	52,0	21,0

USC UNIVERSIDADE DE SANTIAGO DE COMPOSTELA

La razón que justifica la toma de medidas de caudal desde el año 2016 es que, ya en los trabajos que me permitieron obtener en el año 2010 el Diploma de Estudios Avanzados por la Universidad de Santiago de Compostela (*Gestión del agua en el cultivo del algodón en Asia Central: el caso de la región de Bujará, Uzbekistán*), tomé conciencia de la necesidad de conocer las dosis reales de agua aplicadas al cultivo del algodón en el riego por superficie.

Durante este período, se midieron los volúmenes de agua empleados (m^3) en cada uno de los riegos efectuados a lo largo de las diferentes campañas en el conjunto de la superficie destinada a algodón, que varió en el tiempo debido a las cuotas asignadas.

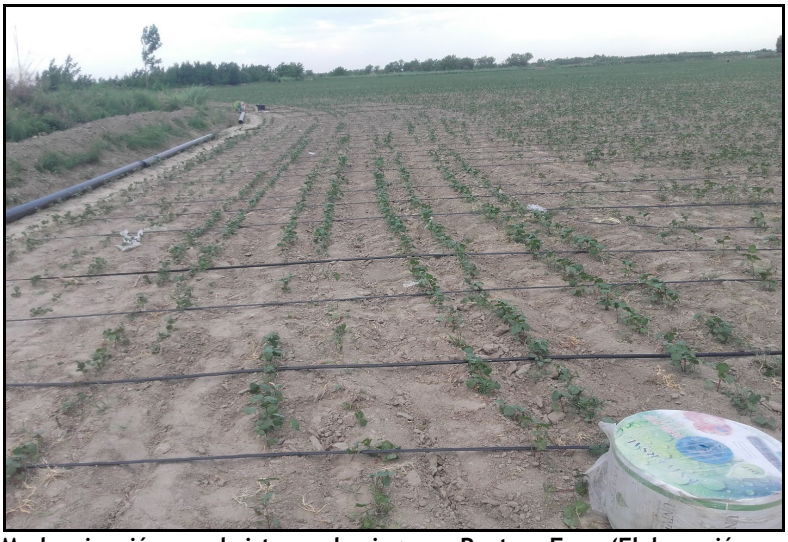


Figura 4.1 Modernización en el sistema de riego en Rustam Fayz (Elaboración propia, 2020)

El agua empleada en el regadío de esta explotación es extraída por dos potentes grupos de bombeo desde el cauce del río Amu Darya y se conduce mediante el canal Amu Bujará Machine Canal (ABMK) que recorre 375 km mediante canales hasta el embalse de Tudakul, con una capacidad de 1.300 hm^3, desde donde se distribuye hacia Gidvujón (Bujará).

4.1.1 Consumo de agua en el riego por superficie

Dado que hasta el año 2019 no se dispone en la explotación de sistemas adecuados para aforar los volúmenes de agua consumidos, he recurrido a medir el caudal en cada uno de los canales que parten del repartidor situado en la cabecera de la red de distribución de agua en la explotación durante la realización de cada uno de los riegos. Por estos motivos, desde el año 2016, en esta explotación se han medido los caudales diarios entregados durante la época de riego desde el embalse de Tudakul en cada uno de los dos canales (Norte y Oeste) destinados al riego por algodón.

Tabla 4.2 Calendario de riegos en 2016/2018 en el sector norte (Elaboración propia, 2019)

Año	Abril		Mayo		Junio		Julio		Agosto	
	Día	Duración (horas)	Día	Duración (horas)	Día	Duración (horas)	Día	Duración (horas)	Día	Duración (horas)
2016	-	-	13	16	9	27	8	24	15	18
			25	15	23	27	23	27		
2017	18	15	16	16	2	25	5	25	-	-
	30	14			20	26	27	27		
2018	27	16	11	16	12	24	14	28	8	18
			28	15	28	28			21	16

En la tabla anterior (Tabla 4.2) y en la siguiente (Tabla 4.3) se recogen los calendarios de riego en los dos sectores servidos por el canal norte y el canal oeste, respectivamente. El canal este, con una superficie dominada de 47,7 ha, se ha destinado tradicionalmente al riego de otros cultivos.

Cada operación de riego por superficie en el cultivo del algodón dura entre 14 y 28 horas en el riego por superficie dependiendo de la época, de las condiciones del cultivo y del tipo de suelo. Una práctica habitual en la zona es realizar los riegos durante la noche para evitar las altas temperaturas. Los volúmenes de agua suministrados varían en cada uno de los sectores, no solo en función de la diferente superficie dominada, sino de las fechas de riego.

Tabla 4.3 Calendario de riegos en 2016/2018 en el sector oeste (Elaboración propia, 2019)

Año	Abril		Mayo		Junio		Julio		Agosto	
	Día	Duración (horas)	Día	Duración (horas)	Día	Duración (horas)	Día	Duración (horas)	Día	Duración (horas)
2016	-	-	9	14	4	25	5	27	13	17
			20	15	19	26	20	28		
2017	12	15	10	15	16	28	1	26	-	-
	24	14	28	16			25	27		
2018	17	16	2	15	5	25	9	28	6	18
			20	15	22	27			18	15

Las medidas de velocidad y caudal se han tomado en cada una de las dos acequias de distribución (denominadas norte y oeste) de igual sección (70 por 100 cm), y con revestimiento de hormigón, que comunican la cabecera de la red de distribución de la explotación con la toma principal en la zona.

Para el cálculo del caudal se siguió el método de la sección-velocidad, basado en la determinación de la velocidad media del agua y la sección mojada en el canal principal de entrada de agua a la explotación.

Figura 4.2 Corrientómetro y contador de revoluciones (Elaboración propia, 2015)

USC UNIVERSIDADE DE SANTIAGO DE COMPOSTELA

Para medir la velocidad se utilizó un corrientómetro Woltman dotado de una hélice de 50 mm de diámetro y 250 mm de paso y un contador de revoluciones electromecánico. Este instrumento dispone de una hélice o rueda de cazoletas montada en un soporte y conectada a un registrador que mide el número de revoluciones por minuto de la hélice al introducirla en una corriente de agua.

Posteriormente el número de revoluciones se convierte en cm/s mediante la siguiente ecuación:

$$v = 1{,}23 + n \times 24{,}73 \text{ si } 0{,}00 \leq n \leq 1{,}74$$

$$v = -0{,}42 + n \times 25{,}68 \text{ si } 1{,}74 < n < 10{,}00$$

Siendo:

v=velocidad del caudal en cm/s

n=revoluciones de la hélice por segundo.

Dadas las dimensiones de los cajeros, las medidas de velocidad se realizaron sobre un único eje equidistante y paralelo a los cajeros del canal, perpendicular a la base de la acequia de riego y situado en la sección transversal de la acequia. Sobre este eje central se efectuaron dos medidas correspondientes al 20 % (n_{20}) y al 80 % (n_{80}) de la profundidad total o calado para poder obtener un valor medio representativo (Losada, 2008).

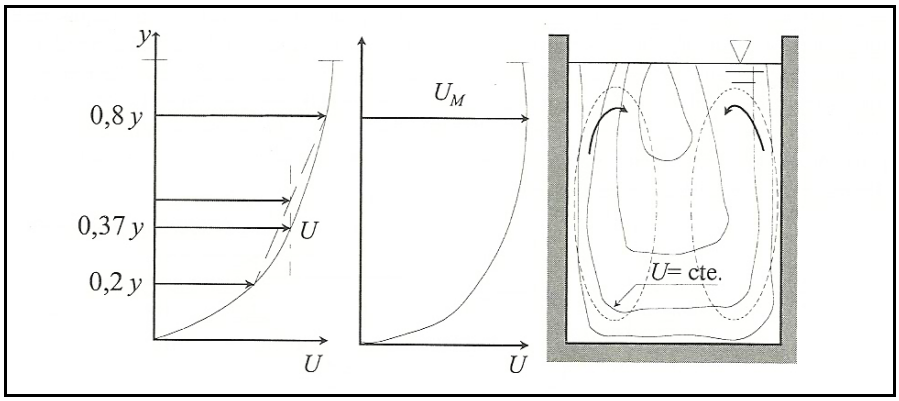


Figura 4.3. Distribución de la velocidad en función del calado (Losada, 2008)

A partir de estos datos puntuales de la velocidad del agua, medida inicialmente en revoluciones de la hélice por segundo, se determina posteriormente la velocidad media (v_m) del agua en la acequia de riego (cm/s).

El caudal de riego se estimó como el producto de la velocidad media, calculada según la metodología propuesta por Losada (2008), y de la sección mojada de la acequia, medida en cm con una regleta metálica dotada de un tope. Esta metodología ha sido aplicada por diferentes autores (Cuesta, 2002) para la medida de caudales de riego en condiciones semejantes y con resultados aceptables para la evaluación de regadíos. Estas medidas se tomaron durante cada riego cuando la autoridad reguladora liberaba las cuotas correspondientes de agua diariamente.
En las siguientes tablas (Tabla 4.4 y Tabla 4.5) se recogen los resultados, expresados en revoluciones por segundo, medidos en cada uno de los canales (Norte y Oeste) destinado al riego por superficie del cultivo del algodón. Se diferencia entre n20 y n80 según la profundidad del canal donde se toma la medida.

Tabla 4.4 Valores de n_{20} y n_{80} en el canal Norte 2016/2018 en revoluciones por segundo (Elaboración propia, 2019)

Canal Norte															
Año	Abril			Mayo			Junio			Julio			Agosto		
	Día	n_{20}	n_{80}	Día	n_{20}	n_{80}	Día	n_{20}	n_{80}	Día	n_{20}	n_{80}	Día	n_{20}	n_{80}
2016	-	-	-	13	5,95	6,82	9	5,13	5,91	8	4,42	5,15	15	6,23	7,75
				25	8,30	8,90	23	4,71	5,97	23	5,42	5,82			
2017	18	6,29	7,59	16	4,60	5,49	2	3,92	4,88	5	5,47	6,91	-	-	-
	30	6,29	6,89				20	5,31	6,96	27	5,87	6,26			
2018	27	4,98	5,79	11	5,42	6,87	12	3,96	4,61	14	3,34	4,31	8	4,12	5,78
				28	3,82	4,22	28	4,08	5,04				21	4,31	5,26

En la Tabla 4.5 se recogen los resultados, expresados en revoluciones por segundo, para el canal oeste en el periodo 2016/2018 destinado al riego por superficie del cultivo del algodón.

Tabla 4.5 Valores de n_{40} y n_{80} en el canal Oeste 2016/2018 en revoluciones por segundo (Elaboración propia, 2019)

Canal Oeste															
Año	Abril			Mayo			Junio			Julio			Agosto		
	Día	n_{20}	n_{80}	Día	n_{20}	n_{80}	Día	n_{20}	n_{80}	Día	n_{20}	n_{80}	Día	n_{20}	n_{80}
2016	-	-	-	9	11,91	12,88	4	7,95	8,35	5	8,26	9,46	13	9,98	10,49
				20	10,01	10,66	19	9,00	9,94	20	8,85	9,89			
2017	12	9,98	10,95	10	7,87	8,95	16	9,20	10,05	1	8,41	9,38	-	-	-
	24	10,77	11,78	28	8,10	9,60				25	8,45	9,58			
2018	17	9,87	10,70	2	10,99	11,81	5	9,27	9,92	9	8,89	9,55	6	10,01	10,78
				20	9,05	10,17	22	10,37	11,73				18	9,98	11,72

Como se ha descrito, a partir de los valores de n (revoluciones por segundo) obtenidos, necesitamos las medidas diarias del calado tomada con una regleta metálica en los canales, para poder calcular los volúmenes diarios destinados al riego.

Tabla 4.6 Valores medios del calado (cm) tomados en el canal Norte 2016/2018 (Elaboración propia, 2019)

Año	Mes	Día	Calado medio tomado durante el riego (cm)
2016	Mayo	13	67
		25	59
	Junio	9	65
		23	71
	Julio	8	68
		23	67
	Agosto	15	63
2017	Abril	18	62
		30	67
	Mayo	16	66
	Junio	2	62
		20	59
	Julio	5	60
		27	67
2018	Abril	27	55
	Mayo	11	50
		28	49
	Junio	12	48
		28	62
	Julio	14	53
	Agosto	8	51
		21	46

USC UNIVERSIDADE DE SANTIAGO DE COMPOSTELA

Tabla 4.7 Valores medios del calado (cm) tomados en el canal Oeste 2016/2018 (Elaboración propia, 2019)

Año	Mes	Día	Calado medio tomado durante el riego (cm)
2016	Mayo	9	72
		20	81
	Junio	4	70
		19	76
	Julio	5	68
		20	67
	Agosto	13	73
2017	Abril	12	84
		24	79
	Mayo	10	66
		28	71
	Junio	16	72
	Julio	1	78
		25	83
2018	Abril	17	83
	Mayo	2	72
		20	58
	Junio	5	61
		22	69
	Julio	9	53
	Agosto	6	70
		18	56

Una vez conocidas las velocidades (cm/s) y los calados medios (cm), ya podemos obtener los caudales de agua distribuidos en cada canal durante cada riego.

$$Q = V \times S$$

Una vez conocidos los caudales (m^3/s) y los tiempos de riego, recogidos en las Tablas 4.2 y 4.3, ya podemos calcular los volúmenes de agua movilizados para cada sector y cada riego.

4.1.2 Consumo de agua en el riego por goteo

Durante el año 2019 se realizó la mejora de la red de distribución presurizando parte del sector oeste y se modernizaron 21 hectáreas dominadas por el canal Oeste con una instalación de riego localizado por goteo por superficie dividido en 3 sectores de 7 hectáreas cada uno, para permitir la presurización del agua con el equipo de bombeo disponible y para disponer de caudales suficientes en el embalse de regulación. Las 14 ha que no se modernizaron se pueden regar potencialmente mediante riego por superficie o destinar a otros usos agrarios. Con estos medios el riego realizado en parte de la superficie de cultivo del algodón en la explotación durante las campañas 2019, 2020 y 2021 ya se realizó el riego por goteo en lugar de riego por inundación en las 21 ha de tres sectores completos.

El agua recibida a través del canal Oeste se acopia en una balsa de regulación, con una capacidad de 2.324 m^3. El grupo de bombeo (185 kW y 500 m^3/hora) que toma el agua desde esta balsa está dotado de un sistema de filtración (de arena y de discos), un sistema de fertirrigación, contador y reguladores de presión. Esta instalación, con un coste superior a los 280.000 € en 2019, fue cofinanciada por el Ministerio de Agricultura y de los Recursos Hídricos (MAWR) dentro del programa "*Current tasks arising from the organization of the implementation of the instructions to be done in the field of water management*" (NAPM, 2019).

Las recomendaciones del Instituto de Investigación Científica de Riego de Asia Central (SANIIRI) estiman las necesidades hídricas en 3.300 m^3/ha para el riego por goteo del cultivo de algodón a partir de experiencias previas en el año 2019 para la región de Bujará en suelos yermosoles y sin problemas de salinidad. Atendiendo a las características del suelo y a las condiciones climatológicas anuales, los técnicos locales emplearon como objetivo de riego en el primer año una dosis de 380 mm anuales.

Figura 4.4 Ejecución de un cabezal de riego a presión en Bujará (Elaboración propia, 2021)

En las tres siguientes tablas (Tabla 4.8, Tabla 4.9 y Tabla 4.10) se recogen las lecturas diarias registradas en cada operación de riego en el subsector 1, idéntico en superficie a los otros dos. Con el fin de maximizar la eficiencia del equipo de bombeo instalado se realiza el riego independientemente, y de forma consecutiva, en cada uno de los 3 sectores de riego por goteo. En este trabajo solo se tomaron los datos correspondientes a un sector, el 1, para poder llevar a cabo los trabajos de campo con los medios disponibles.

Tabla 4.8 Lecturas diarias en riego por goteo 2019 (Elaboración propia, 2021)

Periodo 2019	Lectura del volumen medio en cada sector (m^3/día)	Tiempo de riego diario por sector
Desde el 10 de abril al 24 de abril	89,06	1 hora y 29 minutos
Desde el 25 de abril al 15 de junio	77,07	1 hora y 17 minutos
Desde el 16 de junio al 6 de septiembre	228,56	3 horas y 49 minutos
Desde el 7 de septiembre al 20 de septiembre	171,77	2 horas y 52 minutos

Posteriormente, considerando los rendimientos anuales obtenidos en cada campaña y modificada la instalación previa, y después de obtener la autorización del organismo gestor del distrito, los gestores de la explotación decidieron modificar la cantidad de agua suministrada hasta los 440 mm en 2020 (año con temperaturas elevadas y baja pluviometría) y 390 mm en el año 2021.

Tabla 4.9 Lecturas diarias en riego por goteo 2020 (Elaboración propia, 2021)

Periodo 2020	Lectura del volumen medio en cada sector (m^3/día)	Tiempo de riego diario por sector
Desde el 13 de abril al 24 de abril	103,90	1 hora y 42 minutos
Desde el 25 de abril al 20 de junio	76,56	1 hora y 17 minutos
Desde el 21 de junio al 15 de septiembre	257,97	4 horas y 18 minutos
Desde el 16 de septiembre al 1 de octubre	194,82	3 horas y 15 minutos

Las lecturas realizadas por los técnicos de la explotación corresponden al contador situado en el bombeo durante las diferentes operaciones realizadas en cada una de las campañas y correspondientes al riego en el sector 1.

Tabla 4.10 Lecturas diarias en riego por goteo 2021 (Elaboración propia, 2022)

Periodo 2021	Lectura del volumen medio en cada sector (m^3/día)	Tiempo de riego diario por sector
Desde el 9 de abril al 22 de abril	117,66	1 hora y 58 minutos
Desde el 23 de abril al 19 de junio	71,00	1 hora y 11 minutos
Desde el 20 de junio al 7 de septiembre	240,22	4 horas
Desde el 8 de septiembre al 24 de septiembre	145,34	2 horas y 25 minutos

4.1.3 Medida de la eficiencia en el uso del agua (EUA)

En los últimos tiempos numerosos estudiosos abordan el concepto de la eficiencia en el uso de los recursos hídricos en la agricultura incluyendo consideraciones técnicas, medioambientales, éticas y socioeconómicas (Ghorbani y otros, 2020). Para valorar la eficiencia obtenida en el uso del agua partiremos de los resultados del rendimiento bruto obtenido en cada uno de los dos sectores de riego por superficie (Norte y Oeste) y de las cantidades de agua aplicadas en el período 2016/2018 junto con el rendimiento del cultivo y el volumen de agua empleado en el sector oeste bajo el riego por goteo en los años 2019, 2020 y 2021.

En este trabajo empleamos como indicador de la eficiencia en el uso del agua (EUA) la producción anual obtenida dividida por la cantidad de agua aplicada (kg/m^3). Para la obtención de la productividad del cultivo de algodón emplearemos los datos obtenidos en campo y facilitados en la explotación piloto y referidos a la producción media por hectárea.

Tabla 4.11 Parámetros para el cálculo de la EUA 2016/2021 (Elaboración propia, 2022)

Año	Superficie regada (ha)	Producción algodón (tn)	Volumen de agua de riego (m^3)
2016	156,5	415,04	1.129.920,9
2017	148,9	356,91	1.114.369,4
2018	134,2	333,76	1.036.390,8
2019	21,0	83,58	80.157
2020	21,0	91,98	93.513
2021	21,0	88,07	82.362

4.2 MEDIDA DEL CONSUMO DE INPUTS EN EL CULTIVO DEL ALGODÓN EN RUSTAM FAYZ 2016/2021

Durante el periodo 2016 al 2021, además de registrar el volumen de agua consumido en el riego del cultivo del algodón en cada campaña, se tomaron datos del consumo de semillas, fertilizantes, productos químicos, combustibles, costes de maquinaria y coste de la mano de obra. Para esto se llevó el control, con las autorizaciones pertinentes, de los registros contables

de la explotación piloto que nos permiten obtener los datos necesarios para obtener unos resultados y realizar una discusión en el siguiente capítulo.

El agua necesaria para el riego es extraída por bombeo desde el río Amu Darya hasta el embalse de regulación de Tudakuly y de ahí se distribuye a la toda la provincia de Bujará. El hecho de que sea el estado el que asume a través de las partidas presupuestarias del MAWR de todos los costes de la energía consumida en este proceso y en el mantenimiento del sistema nos impide de disponer de datos desagregados en este apartado. Esto no quiere decir que no debamos discutir sobre la necesidad de considerar como un coste la energía necesaria para el riego y un coste asociado al mantenimiento de la infraestructura necesaria.

Otro aspecto que consideramos es que, al emplear el soum uzbeko o uzs, moneda oficial en Uzbekistán, como unidad monetaria, tenemos que cuidar los análisis comparativos dada la alta volatilidad del tipo de cambio de la moneda y las fuertes tasas de inflación. Con el fin de realizar análisis fiables y comparativas en el tiempo, además de considerar el coste de cada elemento y su peso relativo en la composición del costo y del ingreso total por hectárea, contemplamos unidades de medida que nos permitan evitar la influencia de aspectos monetarios y financieros recurriendo a los valores reales frente a los valores nominales.

4.2.1 Consumo de inputs en el cultivo en riego por superficie

De cara a la realización de esta tesis, se seleccionaron los datos contemplados en los informes de gestión contables realizados por la dirección de la explotación, y aprobados por la autoridad del distrito, durante el periodo comprendido entre los años 2016 hasta 2021. El periodo 2016/2018 corresponde al riego por superficie y en el periodo 2019/2021 los datos recogidos ya se corresponden a la distribución del agua en parcela mediante el riego por goteo. Los resultados empleados en este apartado son los valores medios por hectárea en el periodo 2016/18 y correspondientes a la cantidad de semillas, fertilizantes, productos químicos, combustibles, costes de la maquinaria y coste de la mano de obra.

La siembra se realiza con sembradoras de semi precisión, en líneas separadas 70 cm, si va a ser recogida a mano, y a 96 o 100 cm si la recolección se hace con cosechadora. El empleo de semilla desborrada químicamente ha permitido reducir la cantidad de 80 kg/ha a 60 kg/ha, en regadío por superficie y, además, esta técnica reduce los costes del aclareo.

Tabla 4.12 Consumo de semilla en riego convencional (Elaboración propia, 2019)

Campaña	Consumo		Coste	
	kg/ha	tn	uzs/kg	10^3 uzs
2016	61,1	9,56	3.585,8	34.288,36
2017	59,4	8,84	3.998,2	35.362,85
2018	59,8	8,03	4.478,0	35.936,67

Los volúmenes y los precios registrados son los que constan en los balances oficiales contables anuales de la explotación y los costes de referencia recogidos son los correspondientes al año en curso. Se mantienen los precios en uzs para evitar el efecto de las fuertes variaciones anuales en los tipos de cambio ya que nos interesa un análisis temporal

USC UNIVERSIDADE DE SANTIAGO DE COMPOSTELA

Tabla 4.13 Consumo medio de fertilizantes nitrogenados en riego convencional (Elaboración propia, 2019)

Campaña	Consumo		Coste	
	kg/ha	tn	uzs/kg	10^3 uzs
2016	659,7	103,24	916,3	94.603,64
2017	648,1	96,50	1.021,7	98.595,84
2018	660,9	88,69	1.144,3	101.491,15

Tabla 4.14 Consumo medio de fertilizantes fosfatados en riego convencional (Elaboración propia, 2019)

Campaña	Consumo		Coste	
	kg/ha	tn	uzs/kg	10^3 uzs
2016	201,5	31,53	2.076,1	65.468,44
2017	200,2	29,81	2.314,8	69.004,32
2018	198,7	26,67	2.592,6	69.133,08

Tabla 4.15 Consumo medio de fertilizantes potásicos en riego convencional (Elaboración propia, 2019)

Campaña	Consumo		Coste	
	kg/ha	tn	uzs/kg	10^3 uzs
2016	98,7	15,45	1.075,7	16.615,43
2017	101,0	15,04	1.199,4	18.037,28
2018	100,0	13,42	1.343,3	18.027,09

Los fertilizantes o abonos minerales que se aportan de forma casi exclusiva y en grandes cantidades son los que se denominan elementos principales: Nitrógeno, Fósforo y Potasio (N, P_2O_5 y K_2O). En el cultivo del algodón en riego por inundación se realiza un abonado de fondo antes de realizar las labores del arado en otoño y dos aportaciones posteriores, básicamente de compuestos nitrogenados.

En las siguientes tablas (Tabla 4.16, Tabla 4.17 y Tabla 4.18) empleamos el coste como elemento de valoración ya que los datos facilitados por la gestora de la explotación hacen referencia al coste del servicio y no a los volúmenes de productos. Esto es debido a que la prestación de estos servicios está externalizada a través de una cooperativa estatal local. La razón última es que gran parte de estos productores proceden de la importación y están sometidos a un estricto control por parte de las autoridades competentes.

Los productores de algodón de esta región se enfrentan a duras condiciones climáticas, con altas temperaturas y escasez de agua. Esta falta de agua, combinada con la mala salud del suelo y la presión de las plagas, hace que las condiciones de crecimiento sean difíciles lo que provoca un uso excesivo de productos fitosanitarios. Como se ha expuesto, las principales plagas que hacen peligrar las cosechas son la "*Helicoverpa armígera*" y el gusano rosado, "*Pectinophora gossypiella*". Las plagas de insectos representan un gran obstáculo para incrementar la productividad a causa de las pérdidas y del costo de los insecticidas empleados para combatirlas.

Tabla 4.16 Consumo de productos fitosanitarios en riego convencional (Elaboración propia, 2019)

Campaña	Superficie (ha)	Coste	
		10^3 uzk/kg	10^3 uzk
2016	156,5	495,40	77.529,41
2017	148,9	552,37	82.247,31
2018	134,2	618,65	83.022,83

En el cultivo del algodón, tal y como se realiza en la actualidad, es imprescindible el uso de defoliantes para favorecer el crecimiento de las cápsulas frente a la superficie foliar y para facilitar la recolección mecánica de la cosecha de algodón. Los defoliantes actúan mediante la eliminación de hojas, la apertura de cápsulas, y la inhibición de rebrotes. Además, los agricultores constatan una mejora en la calidad de la fibra, ya que estos tratamientos permiten reducir la cantidad de manchado verde, pimienta-tabaquillo y de residuos de material vegetal encontrado en la fibra durante el proceso de desmote.

Tabla 4.17 Consumo de defoliantes en riego convencional (Elaboración propia, 2019)

Campaña	Superficie (ha)	Coste	
		10^3 uzk/kg	10^3 uzk
2016	156,5	148,78	23.284,51
2017	148,9	165,89	24.701,45
2018	134,2	185,80	24.934,36

El uso de defoliantes favorece la redistribución de nutrientes lo que acelera la maduración de las vainas en un 28-43%, lo que asegura la apertura del 80-88% de las vainas en 12-15 días. Según experiencias en la zona, la cosecha aumenta el peso del algodón de alta calidad en un 20-25%, y la eficiencia del trabajo manual aumenta en un 20-30%. Al mismo tiempo, el defoliante es eficaz contra las enfermedades y plagas del algodón, especialmente en las zonas donde se presenta el pulgón negro. Esta medida agronómica elimina los piojos del algodón, causantes de la savia negra, y reduce el deterioro del algodón y de la fibra. Otro aspecto muy importante es que la defoliación oportuna y de alta calidad garantiza el funcionamiento eficaz de las máquinas de recolección de algodón y aumenta la productividad de la cosecha manual en un 15-20%. Este efecto se acentúa en el riego por goteo.

Los bioestimulantes son formulaciones orgánicas que incluyen moléculas con propiedades hormonales o que inciden fuertemente en los procesos biosintéticos. Actúan sobre la fisiología de la planta del algodón de diferentes formas y por diferentes vías para mejorar el vigor del cultivo, el rendimiento y calidad de la cosecha.

Tabla 4.18 Consumo de bioestimulantes en riego convencional (Elaboración propia, 2019)

Campaña	Superficie (ha)	Coste	
		10^3 uzk/kg	10^3 uzk
2016	156,5	32,26	5.049,16
2017	148,9	35,97	5.356,41
2018	134,2	40,29	5.406,92

Para lograr una mejor comprensión de los costes vinculados a la producción y considerando las diferencias en las labores en los diferentes sistemas de riego comparados, decidimos distinguir los trabajos de preparación del suelo agrícola antes de la siembra y los trabajos que se ejecutan durante el crecimiento del cultivo hasta su recolección. A pesar de la disponibilidad propia de maquinaria, en la Tabla 3.27 se recoge el inventario de los principales elementos que constituyen el parque de maquinaria de la explotación estudiada, es necesario recurrir a parques de maquinaria propiedad del estado y mejor dotados.

Por esta razón, además del combustible de la maquinaria propia de la explotación tenemos que contemplar los costes de los servicios externalizados necesarios para realizar las tareas agrícolas.

Tabla 4.19 Consumo de combustibles en el periodo de pre-siembra y siembra en riego convencional 2016 (Elaboración propia, 2019)

Año	Concepto	Consumo medio (kg/ha)	Consumo (tn)	10^3 uzk/tn	10^3 uzk
2016	Arado	34,6	5,41	4.484,3	24.282,04
	Cultivador chisel	10,1	1,58		7.088,11
	Aplicación de fertilizantes	2,4	0,38		1.684,30
	Nivelación	11,8	1,85		8.281,16
	Preparación del suelo para la siembra	17,2	2,69		12.070,84
	Siembra	7,2	1,13		5.052,91

Podemos apreciar que los consumos de gasoil por hectárea cultivada alcanzan valores muy semejantes en las tres campañas, pudiéndose atribuir las pequeñas diferencias al manejo de los operarios, pequeñas averías o a imprevistos.

Tabla 4.20 Consumo de combustibles en el periodo de pre-siembra y siembra en riego convencional 2017 (Elaboración propia, 2019)

Año	Concepto	Consumo medio (kg/ha)	Consumo (tn)	10^3 uzk/tn	10^3 uzk
2017	Arado	31,2	4,65	5.000,0	23.228,40
	Cultivador chisel	9,4	1,40		6.998,30
	Aplicación de fertilizantes	2,1	0,31		1.563,45
	Nivelación	11,2	1,67		8.338,40
	Preparación del suelo para la siembra	15,6	2,32		11.614,20
	Siembra	7,0	1,04		5.211,50

En los trabajos preparatorios del suelo para la siembra, además de las labores específicas de subsolado y pases de cultivador para romper la costra superficial, es necesario preparar el terreno para el riego por surcos nivelando el suelo agrícola en la medida de lo posible y estableciendo zanjas para la distribución del agua de riego.

Tabla 4.21 Consumo de combustibles en el periodo de pre-siembra y siembra en riego convencional 2018 (Elaboración propia, 2019)

Año	Concepto	Consumo medio (kg/ha)	Consumo (tn)	10^3 uzk/tn	10^3 uzk
2018	Arado	32,8	4,40	5.600,0	24.649,86
	Cultivador chisel	9	1,21		6.763,68
	Aplicación de fertilizantes	2,2	0,30		1.653,34
	Nivelación	11,2	1,50		8.417,02
	Preparación del suelo para la siembra	16,4	2,20		12.324,93
	Siembra	6,7	0,90		5.035,18

En este apartado se contemplan los gastos de combustible propios vinculados a la preparación del terreno y la siembra. Para simplificar estos datos podemos agruparlos haciendo referencia al consumo por hectárea, a pesar de esto, el desglose por labores puede ayudarnos a entender las variaciones.

Tabla 4.22 Consumo de combustibles en el periodo de pre-siembra y siembra en riego convencional 2016/2018 (Elaboración propia, 2019)

Año	Consumo medio anual de combustible (kg/ha)
2016	83,3
2017	76,5
2018	78,3

La primera fase contemplada abarca desde la siembra, incluyendo las labores preparatorias del suelo como el subsolado y alzado, el abonado de cobertera, la nivelación del suelo y los pases de chisel o cultivador, hasta la siembra mecanizada. El periodo vegetativo abarca todas las labores culturales desde la siembra hasta la cosecha del algodón. También se contempla en este apartado los trabajos vinculados a cada una de las operaciones de riego por superficie. A pesar de los trabajos de nivelación, cada vez más frecuentes y de mejor calidad, es necesario disponer de operadores dotados de medios manuales, básicamente azadones, ayudan a que los

surcos realicen correctamente la distribución del agua. Evitando encharcamientos o pequeñas zonas secas, debido a la microtopografía del terreno.

En las siguientes tablas se recogen los consumos de combustible, expresado en kg de gasoil por hectárea cultivada, para cada campaña correspondiente a las labores del periodo vegetativo incluyendo la recolección mecanizada.

Tabla 4.23 Consumo de combustibles en el periodo vegetativo en riego convencional 2016 (Elaboración propia, 2019)

Año	Concepto	Consumo medio (kg/ha)	Consumo (tn)	10^3 uzk/tn	10^3 uzk
2016	Aplicación de fertilizantes	14,2	2,22	4.484,3	9.965,46
	Tareas cultivo	92,3	14,44		64.775,49
	Aplicación de defoliantes	6,2	0,97		4.351,12
	Cosecha algodón	10,9	1,71		7.649,54

Tabla 4.24 Consumo de combustibles en el periodo vegetativo en riego convencional 2017 (Elaboración propia, 2019)

Año	Concepto	Consumo medio (kg/ha)	Consumo (tn)	10^3 uzk/tn	10^3 uzk
2017	Aplicación de fertilizantes	13,0	1,94	5.000,0	9.678,50
	Tareas cultivo	101,1	15,05		75.268,95
	Aplicación de defoliantes	6,4	0,95		4.764,80
	Cosecha algodón	10,2	1,52		7.593,90

En Figura 4.5. se aprecia una explotación de algodón en regadío por inundación en los días previos a la cosecha en el distrito de Gijduvon, Bujará.

Figura 4.5 Explotación de algodón en regadío en Bujará (Elaboración propia, 2017)

Tabla 4.25 Consumo de combustibles en el periodo vegetativo en riego convencional 2018 (Elaboración propia, 2019)

Año	Concepto	Consumo medio (kg/ha)	Consumo (tn)	10^3 uzk/tn	10^3 uzk
2018	Aplicación de fertilizantes	13,7	1,84	5.600,0	10.295,82
	Tareas cultivo	108,5	14,56		81.539,92
	Aplicación de defoliantes	6,1	0,82		4.584,27
	Cosecha algodón	9,9	1,33		7.440,05

USC UNIVERSIDADE DE SANTIAGO DE COMPOSTELA

En la Tabla 4.26 se resumen los costes registrados en el riego por inundación relativos al consumo de combustible registrado por el parque propio de maquinaria de la explotación durante la fase agronómica del cultivo desde la siembra hasta la recolección.

Tabla 4.26 Consumo de combustibles en el periodo vegetativo en riego convencional 2016/2018 (Elaboración propia, 2019)

Año	Consumo medio anual de combustible (kg/ha)
2016	123,6
2017	130,7
2018	138,2

Una de las labores más importantes en el cultivo del algodón es el aporte de agua de agua al cultivo para garantizar su viabilidad y la rentabilidad económica del mismo. La siembra del algodón se realiza de forma mecanizada, entre abril y principios de mayo y, cuando en la maduración la planta alcanza una altura media de 70 centímetros y los capullos están casi maduros, se suspende el riego de los campos para que el algodón empiece a secarse. En septiembre comienzan los trabajos agrícolas para la cosecha con las temperaturas altas.

Una parte significativa de las tareas agrícolas se realizan con personal y maquinaria propia de la explotación, la parte más importante de las labores culturales se realizan a través de empresas estatales externas. Esta actividad representa una parte muy importante de los costes.

Tabla 4.27 Costes de maquinaria en el periodo de pre-siembra y siembra en riego convencional 2016 (Elaboración propia, 2019)

Concepto	Coste medio (10^3 uzk/hectárea)	Coste medio total (10^3 uzk)
Arado	242,48	37.947,53
Cultivador chisel	133,19	20.844,89
Aplicación de fertilizantes	22,64	3.542,45
Nivelación	133,19	20.844,89
Preparación del suelo para la siembra	166,82	26.107,76
Siembra	40,09	6.273,79

Tabla 4.28 Costes de maquinaria en el periodo de pre-siembra y siembra en riego convencional 2017 (Elaboración propia, 2019)

Concepto	Coste medio (10^3 uzk/hectárea)	Coste medio total (10^3 uzk)
Arado	270,36	40.256,51
Cultivador chisel	148,52	22.113,93
Aplicación de fertilizantes	25,23	3.757,08
Nivelación	148,52	22.113,93
Preparación del suelo para la siembra	186,01	27.696,39
Siembra	44,70	6.655,45

Tabla 4.29 Costes de maquinaria en el periodo de pre-siembra y siembra en riego convencional 2018 (Elaboración propia, 2019)

Concepto	Coste medio (10^3 uzk/hectárea)	Coste medio total (10^3 uzk)
Arado	302,80	40.635,45
Cultivador chisel	166,34	22.322,27
Aplicación de fertilizantes	28,26	3.792,74
Nivelación	166,34	22.322,27
Preparación del suelo para la siembra	208,33	27.957,66
Siembra	50,06	6.718,61

USC UNIVERSIDADE DE SANTIAGO DE COMPOSTELA

Con el objeto de disponer de datos que nos permitan análisis posteriores, al igual que en los apartados anteriores, distinguimos dos fases: hasta la realización de la siembra y desde la siembra hasta la recolección.

Tabla 4.30 Costes de maquinaria en el periodo vegetativo en riego convencional 2016 (Elaboración propia, 2019)

Concepto	Coste medio (10^3 uzk/hectárea)	Coste medio total (10^3 uzk)
Aplicación de fertilizantes	18,75	2.934,54
Tareas cultivo	483,65	75.691,85
Aplicación de defoliantes	45,25	7.081,51
Cosecha algodón	18,75	2.934,54

Tabla 4.31 Costes de maquinaria en el periodo vegetativo en riego convencional 2017 (Elaboración propia, 2019)

Concepto	Coste medio (10^3 uzk/hectárea)	Coste medio total (10^3 uzk)
Aplicación de fertilizantes	20,90	3.112,64
Tareas cultivo	539,27	80.297,12
Aplicación de defoliantes	50,45	7.512,55
Cosecha algodón	20,90	3.112,64

Tabla 4.32 Costes de maquinaria en el periodo vegetativo en riego convencional 2018 (Elaboración propia, 2019)

Concepto	Coste medio (10^3 uzk/hectárea)	Coste medio total (10^3 uzk)
Aplicación de fertilizantes	23,41	3.142,22
Tareas cultivo	603,98	81.054,55
Aplicación de defoliantes	56,51	7.584,03
Cosecha algodón	23,41	3.142,22

A pesar de que los datos recogidos en los libros contables y proporcionados por la gerencia de la explotación, con el visto bueno de las autoridades de la Gobernación de la provincia, asignan los recursos económicos de la mano de obra a las hectáreas cultivadas de algodón en regadío (uzs/ha), de forma estricta estos recursos responden al número de empleados fijos de la explotación y a contrataciones puntuales. En este sentido, los trabajadores de esta granja también participan en labores agrarias vinculadas a otras producciones (cereales y ganadería) y se considera que son necesarios para los niveles de producción obtenidos, aunque es más correcto trabajar con el coste salarial por tonelada de algodón obtenido en regadío.

En las tablas siguientes se recogen los datos proporcionados por la gerencia de la explotación clasificándolos en tres conceptos diferentes, en función de la información obtenida. La parte principal de esta partida económica corresponde al pago de las nóminas y salarios de los trabajadores estables de la explotación y de los trabajadores temporales que se contratan para reforzar algunas tareas como la recolección.

En segundo lugar, se contemplan todos los gastos anuales realizados en relación a la manutención y alojamiento en las instalaciones de la granja de una parte de estos trabajadores, aunque algunos residen en el núcleo cercano a explotación. En la Figura 4.6 se aprecia la cercanía ente el asentamiento rural y la explotación.

En último lugar, se registra el coste de la mano de obra imputable a las labores de despunte al recurrir a personal eventual o temporal. Como se ha descrito en el Capítulo 2, este procedimiento se realiza cuando se han desarrollado de 14 a 16 ramas productivas en un

arbusto y se procede a recortar el tallo principal de 4 a 6 cm y los brotes laterales de 2 a 3 cm y resulta fundamental para obtener un algodón crudo de buena calidad y fibras largas.

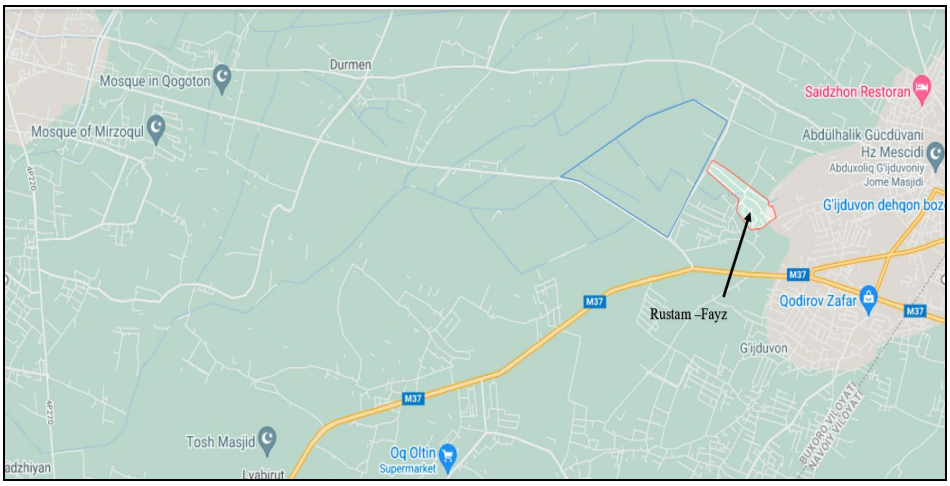


Figura 4.6 Localización del asentamiento Rustam Fayz (Google maps, 2021)

En la siguiente tabla se reúnen los diferentes conceptos para el conjunto de las campañas 2016/2018.

Tabla 4.33 Costes de mano de obra en riego convencional 2016/18 (Elaboración propia, 2019)

Año	Concepto	Coste medio (10^3 uzs/ha)	Coste medio (10^3 uzs/tn)
2016	Gastos de manutención y alojamiento	264,13	99,60
	Despunte (pinching)	80,08	30,20
	Salarios	2.136,98	805,80
2017	Gastos de manutención y alojamiento	294,51	122,87
	Despunte (pinching)	89,29	37,25
	Salarios	2.382,73	994,05
2018	Gastos de manutención y alojamiento	329,85	132,63
	Despunte (pinching)	100,00	40,21
	Salarios	2.668,66	1.073,04

4.2.2 Consumo de inputs en el cultivo en riego por goteo

Los resultados empleados en este apartado son los valores medios por hectárea en el periodo 2019/21 y correspondientes a la cantidad de semillas, fertilizantes, productos químicos, combustibles, costes de la maquinaria y coste de la mano de obra. De la misma forma que en el periodo anterior, se registró la misma colección de datos con el fin de poder realizar análisis que complementen este trabajo y relacionar estos datos con la eficiencia en el uso del agua.

Según experiencias previas en explotaciones modernizadas en la zona, se han registrado ahorros en la cantidad de semilla empleada en la siembra en riego por goteo de hasta el 60% en comparación con el riego a manta en los casos más favorables.

Tabla 4.34 Consumo de semilla (kg) en riego por goteo (Elaboración propia, 2021)

Campaña	Consumo		Coste	
	kg/ha	tn	uzs/kg	10^3 uzs
2019	31,3	0,66	5.351,2	3.517,35
2020	30,8	0,65	6.020,1	3.893,81
2021	31,1	0,65	6.652,2	4.344,57

Los marcos y densidades de plantación, la facilidad para emplear semilla desborrada químicamente, así como el estado del suelo favorecen importantes ahorros en el volumen de simientes necesarias.

Los fertilizantes o abonos minerales que se aportan de forma casi exclusiva y en grandes cantidades son los que se denominan elementos principales: Nitrógeno, Fósforo y Potasio (N, P_2O_5 y K_2O).

Tabla 4.35 Consumo de fertilizantes minerales en riego por goteo 2019/21 (Elaboración propia, 2022)

Fertilizante	Campaña	Consumo		Coste	
		kg/ha	tn	uzk/kg	10^3 uzk
Nitrogenados	2019	298,2	6,26	1.367,4	8.562,93
	2020	310,3	6,52	1.538,4	10.024,68
	2021	312,9	6,57	1.699,9	11.169,87
Fosfatados	2019	199,7	4,19	3.098,2	12.992,74
	2020	202,6	4,25	3.485,4	14.829,10
	2021	204,8	4,30	3.851,4	16.564,09
Potásicos	2019	80,8	1,70	1.605,2	2.723,78
	2020	86,4	1,81	1.805,9	3.276,62
	2021	81,2	1,71	1.995,5	3.402,76

Los tratamientos realizados consisten en un abonado de fondo (N) y dos de cobertera mediante fertirrigación en riego por goteo. Las dosis aplicadas de fertilizantes fosfatados se suelen realizar en forma pura o en fosfato de amonio y, al ser principalmente de cobertera, se consigue grandes incrementos en su eficiencia gracias a la fertirrigación en el riego por goteo.

En el caso de los productos químicos, a pesar de las diferencias en su naturaleza, también haremos una agrupación. En este apartado recordar el uso excesivo de fitosanitarios y defoliantes en esta zona. En la Tabla 4.36 recogemos los consumos de productos químicos en el período estudiado.

Tabla 4.36 Consumo de productos fitosanitarios y químicos en riego por goteo 2019/21 (Elaboración propia, 2022)

Fertilizante	Campaña	Coste	
		10^3 uzk/kg	10^3 uzk
Productos fitosanitarios	2019	739,29	15.525,02
	2020	831,70	17.465,65
	2021	919,03	19.299,54
Defoliantes	2019	222,03	4.662,65
	2020	249,78	5.245,48
	2021	276,01	5.796,26
Bioestimulantes	2019	406,66	8.539,83
	2020	457,49	9.607,31
	2021	505,53	10.616,07

En las siguientes tablas se recogen los resultados relativos al consumo de combustible en las labores realizadas en el período previo a la siembra y en la siembra en las campañas correspondientes al riego localizado a presión.

Al igual que en la toma de datos en riego por inundación, diferenciamos las dos fases significativas en las labores del cultivo, preparación y siembra y la transcurrida entre la siembra y la cosecha o recolección.

Tabla 4.37 Consumo de combustibles en el periodo de pre-siembra y siembra en riego por goteo 2019 (Elaboración propia, 2020)

Año	Concepto	Consumo medio (kg/ha)	Consumo (kg)	uzk/kg	10^3 uzk
2019	Arado	23,1	0,49	6.692,0	3.247,82
	Cultivador chisel	6,8	0,14		948,59
	Aplicación de fertilizantes	2,3	0,05		323,22
	Nivelación	6,7	0,14		944,38
	Preparación del suelo para la siembra	13,4	0,28		1.885,26
	Siembra	7,0	0,15		983,72

Tabla 4.38 Consumo de combustibles en el periodo de pre-siembra y siembra en riego por goteo 2020 (Elaboración propia, 2021)

Año	Concepto	Consumo medio (kg/ha)	Consumo (kg)	uzk/kg	10^3 uzk
2020	Arado	24,6	0,52	7.528,5	3.889,22
	Cultivador chisel	7,3	0,15		1.154,12
	Aplicación de fertilizantes	2,7	0,06		426,87
	Nivelación	7,3	0,15		1.154,12
	Preparación del suelo para la siembra	14,6	0,31		2.308,24
	Siembra	7,4	0,16		1.169,93

Tabla 4.39 Consumo de combustibles en el periodo de pre-siembra y siembra en riego por goteo 2021 (Elaboración propia, 2022)

Año	Concepto	Consumo medio (kg/ha)	Consumo (kg)	uzk/kg	10^3 uzk
2021	Arado	23,2	0,49	8.319,0	4.053,01
	Cultivador chisel	7,1	0,15		1.240,36
	Aplicación de fertilizantes	3,1	0,07		541,57
	Nivelación	6,9	0,14		1.205,42
	Preparación del suelo para la siembra	13,7	0,29		2.393,37
	Siembra	7,9	0,17		1.380,12

En este apartado, y como ya se ha comentado en otros apartados, debemos destacar la reducción de los costes vinculados a la fertilización en las tareas de aplicación de fertilizantes, a la significativa reducción del número de pases con cultivador, dadas las facilidades en la conservación de la superficie del suelo agrícola en el riego por goteo y a la mejora introducida en la mecanización de la recolección del cultivo.

Tabla 4.40 Consumo de combustibles en el periodo vegetativo en riego por goteo 2019 (Elaboración propia, 2020)

Año	Concepto	Consumo medio (kg/ha)	Consumo (tn)	10^3 uzk/tn	10^3 uzk
2019	Aplicación de fertilizantes	0,0	0,00	6.692,0	0,00
	Tareas cultivo	20,2	0,42		2.838,75
	Aplicación de defoliantes	5,9	0,12		829,14
	Cosecha algodón	8,2	0,17		1.152,36

USC UNIVERSIDADE DE SANTIAGO DE COMPOSTELA

Tabla 4.41 Consumo de combustibles en el periodo vegetativo en riego por goteo 2020 (Elaboración propia, 2021)

Año	Concepto	Consumo medio (kg/ha)	Consumo (tn)	10^3 uzk/tn	10^3 uzk
2020	Aplicación de fertilizantes	0,0	0,00	7.528,5	0,00
	Tareas cultivo	22,2	0,47		3.509,79
	Aplicación de defoliantes	6,7	0,14		1.059,26
	Cosecha algodón	8,7	0,18		1.375,46

Tabla 4.42 Consumo de combustibles en el periodo vegetativo en riego por goteo 2021 (Elaboración propia, 2022)

Año	Concepto	Consumo medio (kg/ha)	Consumo (tn)	10^3 uzk/tn	10^3 uzk
2021	Aplicación de fertilizantes	0,0	0,00	8.319,0	0,00
	Tareas cultivo	21,3	0,45		3.721,08
	Aplicación de defoliantes	5,8	0,12		1.013,25
	Cosecha algodón	8,4	0,18		1.467,47

Las siguientes tres tablas recogen los costes de los servicios prestados por maquinaria externa a la explotación.

Tabla 4.43 Costes de maquinaria en el periodo de pre-siembra y siembra en riego localizado 2019 (Elaboración propia, 2020)

Concepto	Coste medio (10^3 uzs/hectárea)	Coste medio total (10^3 uzs)
Arado	263,08	5.524,68
Cultivador chisel	144,90	3.042,90
Aplicación de fertilizantes	31,21	655,41
Nivelación	179,25	3.764,25
Preparación del suelo para la siembra	190,84	4.007,64
Siembra	55,29	1.161,09

Tabla 4.44 Costes de maquinaria en el periodo de pre-siembra y siembra en riego localizado 2020 (Elaboración propia, 2021)

Concepto	Coste medio (10^3 uzs/hectárea)	Coste medio total (10^3 uzs)
Arado	295,96	6.215,16
Cultivador chisel	162,53	3.413,13
Aplicación de fertilizantes	35,12	737,52
Nivelación	201,66	4.234,86
Preparación del suelo para la siembra	214,70	4.508,70
Siembra	62,20	1.306,20

Tabla 4.45 Costes de maquinaria en el periodo de pre-siembra y siembra en riego localizado 2021 (Elaboración propia, 2022)

Concepto	Coste medio (10^3 uzs/hectárea)	Coste medio total (10^3 uzs)
Arado	327,04	6.867,84
Cultivador chisel	179,60	3.771,60
Aplicación de fertilizantes	38,80	814,80
Nivelación	222,83	4.679,43
Preparación del suelo para la siembra	237,24	4.982,04
Siembra	68,74	1.443,54

USC UNIVERSIDADE DE SANTIAGO DE COMPOSTELA

Además de contemplar los costes de combustible, también hemos de considerar los costes por el uso de la maquinaria, propiedad de cooperativas estatales de servicios, costes imputables a la mano de obra, mantenimiento y amortización de la maquinaria de la explotación. Este apartado constituye un elemento significativo en cuanto a los costes de producción.

Como se comentó anteriormente en este documento, a partir de la información facilitada por los libros de la gerencia, con el visto bueno de las autoridades gubernamentales de la provincia, hemos distinguido los trabajos de preparación del suelo agrícola antes de la siembra y los trabajos que se ejecutan durante el crecimiento del cultivo hasta su recolección. Esta diferenciación nos permitirá analizar la composición de una partida tan significativa en los costes de producción.

Tabla 4.46 Costes de maquinaria en el periodo vegetativo en riego localizado 2019 (Elaboración propia, 2020)

Concepto	Coste medio (10^3 uzs/hectárea)	Coste medio total (10^3 uzs)
Aplicación de fertilizantes	0,00	0,00
Tareas cultivo	166,34	3.493,14
Aplicación de defoliantes	62,26	1.307,46
Cosecha algodón	25,79	541,59

Una de las razones que justifican las diferencias entre los sistemas de riego empleados en esta partida es que en esta fase del cultivo se realiza una media de 5 pases de cultivador frente a los 10 pases de chisel o discos necesarios en el riego por inundación. Las labores de conservación del suelo serán menos intensivas que en el riego por inundación que requiere mayor laboreo y lucha contra las malas hierbas.

Tabla 4.47 Costes de maquinaria en el periodo vegetativo en riego localizado 2020 (Elaboración propia, 2021)

Concepto	Coste medio (10^3 uzs/hectárea)	Coste medio total (10^3 uzs)
Aplicación de fertilizantes	0,00	0,00
Tareas cultivo	187,14	3.929,94
Aplicación de defoliantes	70,04	1.470,84
Cosecha algodón	29,02	609,42

Tabla 4.48 Costes de maquinaria en el periodo vegetativo en riego localizado 2021 (Elaboración propia, 2022)

Concepto	Coste medio (10^3 uzs/hectárea)	Coste medio total (10^3 uzs)
Aplicación de fertilizantes	0,00	0,00
Tareas cultivo	207,31	4.353,51
Aplicación de defoliantes	77,59	1.629,39
Cosecha algodón	32,15	675,15

Los valores de los costes salariales se clasifican siguiendo el mismo criterio que en el período 2016/18 con alguna consideración significativa.

Por un lado, el incremento del salario mínimo en la República de Uzbekistán registrado en el año 2019 se refleja claramente en los costes relativos a salarios y nóminas. En sentido contrario, desaparecen los costes del despunte del algodón al ser realizados directamente por el personal estable de la explotación. Ambos elementos explican el fuerte incremento de esta partida.

Tabla 4.49 Costes de mano de obra en riego por goteo 2019/21 (Elaboración propia, 2022)

Año	Concepto	Coste medio (10^3 uzs/ha)	Coste medio (10^3 uzs/tn)
2019	Gastos de manutención y alojamiento	394,17	99,04
	Despunte (pinching)	0,00	0,00
	Salarios	5.060,91	1.271,59
2020	Gastos de manutención y alojamiento	443,44	22,44
	Despunte (pinching)	0,00	0,00
	Salarios	5.693,52	288,08
2021	Gastos de manutención y alojamiento	490,00	24,79
	Despunte (pinching)	0,00	0,00
	Salarios	6.291,34	318,33

4.2.3 Ingresos en el cultivo de algodón en regadío

A partir de los datos anuales de producción registrados y el precio estatal anual del algodón, proporcionados por los informes de gestión de la explotación Rustam Fayz, podemos conocer el nivel de ingresos anuales originados por el cultivo del algodón en regadío en valores nominales.

Tabla 4.50 Ingresos por la cuota estatal de producción de algodón en Rustam Fayz 2016/2021 (Elaboración propia, 2022)

Campaña	Producción (tn)	Superficie (ha)	Producción media (kg/ha)	Ingresos	
				Precio algodón (uzs/kg)	10^3 uzs/ha
2016	415,04	156,5	2.652	2.921	7.746,5
2017	356,91	148,9	2.397	3.552	8.514,1
2018	333,76	134,2	2.487	3.849	9.572,5
2019	83,58	21,0	3.980	3.884	15.457,3
2020	91,98	21,0	4.380	4.369	19.137,2
2021	88,07	21,0	4.194	4.828	20.248,6

4.2.4 Definición del indicador IPAB

Según Cuesta y otros (2009), un indicador es un dato o un conjunto de datos que nos ayudan a medir objetivamente la evolución del sistema de gestión. Los indicadores son medios, instrumentos o mecanismos para evaluar hasta qué punto o en qué medida se están logrando los objetivos estratégicos. En este contexto, los indicadores de eficiencia o productividad están relacionados con el volumen de recursos movilizados o invertidos para la obtención de un determinado volumen de producto. Los indicadores de eficiencia miden el rendimiento de los recursos utilizados por un proceso y están relacionados directamente con la productividad.

El uso de indicadores e índices surgen como la base de las metodologías de evaluación, debiendo cumplir una serie de requisitos para ser de utilidad (Sands y Podmore, 2000). Según Van Calker y otros (2005), los indicadores describen una característica del estado de un sistema, generalmente a través de datos observados o estimados. Se ha tratado de generar indicadores sintéticos, o índices, que consisten en la agregación del conjunto multidimensional de indicadores (Cardín y Álvarez, 2011).

En el desarrollo de esta tesis, se persigue desarrollar un indicador sencillo, y fácil de calcular e interpretar, que nos facilite analizar la eficiencia en el uso del agua comparando dos sistemas de riego diferentes (inundación y localizado), para valorar el alcance de las medidas estatales que persiguen la modernización del sector agrícola. En este aspecto, es importante considerar que desarrollamos este estudio en un periodo (2016/2021) fuertemente afectado

por la inflación de los precios, el incremento del coste de la mano de obra y una evolución negativa en los tipos de cambio entre el euro y el som uzbeco, la moneda oficial uzbeca (uzs). Por este motivo resulta más útil disponer de un indicador adimensional en términos reales y no monetarios.

En este sentido es importante destacar el hecho de que el agua no tiene asignado un valor económico a pesar de la intención, recogida en los paquetes legislativos de 2021, de implementar como medida de incentivación tarifas en el uso del agua discriminando la metodología de riego aplicada. De esta forma se propone una medida impositiva que carga con 350 uzs/m^3 en el riego por sistemas tradicionales y solo 50 uzs/m^3 en aquellas explotaciones que modernicen sus sistemas de riego (goteo, aspersión o franjas bajo plásticos.

Como elemento de apoyo en este trabajo nos planteamos realizar un análisis tradicional en el ámbito de la economía que considere el nivel de costes e ingresos bajo las dos condiciones de riego. Con el objeto de disponer de un indicador más robusto que nos permita realizar análisis temporales y cualitativos, en este trabajo definimos un indicador propio que relacione inputs y outputs para cada campaña de riego. Dicho indicador, que denominamos IPAB (Indicador de Ingresos del Algodón en Bujará) para facilitar la redacción de este documento, relaciona todos los valores monetarios de los insumos con los valores monetarios de los ingresos obteniendo un valor temporal. De esta forma podemos realizar estudios futuros considerando cualquier variable temporal o local. Este tipo de indicador nos obliga a trabajar con variables coherentes, en este caso uzs/ha.

En el desarrollo del IPAB (Indicador de Productividad del Algodón en Bujará), consideramos anualmente 7 inputs, cada uno como agregado de diferentes conceptos, y la producción anual de algodón en regadío (kg/ha).

$$IPAB_n=(\Sigma Costes_n)/(Ingresos_n)$$

donde el subíndice n hace referencia a la dimensión temporal, es decir al año en que se aplica en indicador.

4.3 SUPERFICIE Y RECURSOS HÍDRICOS DESTINADOS AL CULTIVO DEL ALGODÓN

A partir de la experiencia piloto en la explotación Rustam Fayz, y una vez que obtengamos valores medios de la EAU podemos realizar extrapolaciones que nos permitan valorar la repercusión de realizar actuaciones significativas en la mejora y modernización del sector. A pesar de que la opción de recurrir a un único sistema de riego en el algodón no sea la mejor opción ni la situación deseable, disponer de estos datos representa una herramienta auxiliar de cara a la planificación en la gestión de los recursos hídricos en un escenario cambiante y de competencia por los mismos entre diferentes sectores económicos.

Con esta finalidad, en este apartado se recogen los datos que nos permitan estimar el volumen de agua movilizado en el riego del algodón en la provincia de Bujará (Uzbekistán) en riego por inundación y en riego por goteo suponiendo tres escenarios diferentes: optimista o favorable, medio y pesimista o desfavorable.

4.3.1 Superficie destinada al cultivo de algodón en regadío en la provincia de Bujará

Desde la independencia de Uzbekistán, en 1991, el nuevo estado dejó de tener acceso directo a las materias primas, a la tecnología y al capital que recibían directamente de la extinta Unión Soviética a cambio de la producción de algodón a precios inferiores a los de mercado (Forkutsa y otros, 2009). Como consecuencia de este cambio, y de forma más acentuada, desde

1995 se lleva a cabo una política de transición gradual que ha producido resultados en forma de progreso económico.

Este cambio de modelo viene fuertemente condicionado por la creciente independencia económica con relación a la Unión Soviética primero, y Rusia después, provocando un descenso en el flujo de bienes rusos de primera necesidad hacia la República de Uzbekistán (SCRUS, 2020). A causa de este hecho, resulta necesario transformar las infraestructuras productivas de la sociedad, centradas en la exportación de algodón, para poder satisfacer la creciente demanda de alimentos debido al aumento de la población y al incremento de los ingresos reales. De la misma forma, es necesario garantizar un suministro hídrico que permita el desarrollo de nuevos usos industriales y urbanos y reducir las gigantescas inversiones destinadas al mantenimiento de la agricultura de regadío.

Tabla 4.51 Superficie destinada al cultivo de algodón en riego por inundación en Bujará 2016/2021 (Elaboración propia, 2022)

Distrito	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Bukhara	9.685	8.670	8.477	9.000	8.020	7.720
Gijduvon	10.570	10.170	10.370	10.370	10.495	9.505
Jondor	14.310	13.950	13.600	13.340	11.680	10.625
Kogon	7.600	7.082	7.202	7.400	7.006	6.890
Karakul	10.960	10.030	9.750	9.950	8.955	8.145
Karaulbazar	5.620	5.625	5.555	5.515	5.905	6.010
Alat	8.640	8.480	8.320	8.620	7.915	7.890
Peshku	10.740	9.705	9.208	9.200	8.510	8.600
Romitan	11.995	11.968	11.408	11.885	10.873	10.220
Shafirkan	10.125	9.920	9.690	10.200	9.046	8.995
Vobkent	11.010	9.950	10.170	10.370	9.365	8.610
Bukhara city	120	250	50	150	130	70
Total provincia	111.375	105.800	103.800	106.000	97.900	93.280

En las autorizaciones para el cultivo de algodón, que se establecen mediante cupos de producción a raíz de los programas de planificación que establece la autoridad regional de Bujará, se aprecia una evolución descendente en el periodo 2016/2021 con diferente repercusión en los distintos distritos de la provincia.

En el caso del distrito de Gijduvon, donde se localiza la explotación piloto, el descenso de la superficie destinada al cultivo del algodón solo experimenta un descenso apreciable en el último año a pesar de que en la granja Rustam Fayz ese cambio productivo se aprecia en un periodo más extenso junto con una reducción de la superficie útil.

Tabla 4.52 Cultivos (ha) en Rustam Fayz 2016/2021 (Elaboración propia, 2022)

Año	Algodón	Trigo	Ganadería
2016	156,5	42,0	34,4
2017	148,9	48,1	35,9
2018	134,2	61,8	36,9
2019	134,0	56,9	42
2020	123,3	70,8	38,8
2021	84,0	52	42

USC UNIVERSIDADE DE SANTIAGO DE COMPOSTELA

En el conjunto del país, las superficies que se han retrotraído a la producción algodonera han sido dedicadas principalmente al cultivo de cereales (trigo), frutas, productos hortícolas, ganadería de leche y producción avícola.

Independientemente de la paulatina reducción de la superficie destinada al cultivo del algodón, ya desde el año 2010 diferentes organizaciones estatales (GoU, 2011) asumen la necesidad de mejoras los sistemas de riego. Según el órgano de planificación del "Amu-Bukhara Irrigation Basin Department" a principios de 2019 en la provincia de Bujará existían 1.180 has de algodón en riego por goteo.

Tabla 4.53 Superficie transformada en riego por goteo en el periodo 2013/2018 en la región de Bujará (Amu-Bukhara Irrigation Basin Department, 2019)

Distrito	Superficie transformada en el periodo 2013/2018 (ha)
Bukhara	128
Gijduvon	71
Jondor	48
Kogon	149
Karakul	52
Karaulbazar	43
Alat	50
Peshku	145
Romitan	158
Shafirkan	163
Vobkent	68
Bukhara city	105
Total provincia	1.180

Como resultado de esta situación, el Consejo Supremo de Uzbekistán, reunido el 28 de diciembre de 2018, y siguiendo las instrucciones del presidente de la República de Uzbekistán Shavkat Mirziyoyev, decide impulsar actuaciones normativas en el ámbito de la gestión del agua en la agricultura. Se pretende identificar las zonas y las explotaciones susceptibles de ser transformadas para introducir tecnologías de ahorro de agua.

Siguiendo esta hoja de ruta, y con la finalidad de mejorar la eficiencia en el uso de los recursos hídricos, diversificar la producción agrícola, luchar contra los problemas medioambientales (salinidad y desertificación y liberar recursos que permitan el desarrollo de otros sectores), a principios del año 2019 se aprobó el Decreto del presidente de la República de Uzbekistán "S*obre medidas para el uso eficiente de la tierra y los recursos hídricos en la agricultura*" (NAPM, 2020). En este texto se establece como objetivo futuro la introducción de nuevas tecnologías de riego en 253.381 hectáreas para el período 2019-2022 en el conjunto de Uzbekistán. El objetivo que se persigue es la introducción de nuevas tecnologías de riego que permitan reducir los volúmenes de agua destinados a la agricultura de regadío mejorando la eficiencia en el uso del agua. Entre estas tecnologías se contempla la nivelación por láser y el uso de acolchados plásticos en el riego por inundación, el riego a presión (goteo y aspersión) y el cultivo en invernaderos. De forma concreta, el objetivo de transformación en riego por goteo en el cultivo del algodón es de 75.000 ha. De forma paralela, mediante acciones gubernamentales se establece un plazo para articular medidas específicas para la introducción de sistemas de riego por goteo y aspersión en un total de 200.000 hectáreas de tierra cultivable en el período 2019-2025, en cultivos de algodón y en zonas ocupadas por huertos y viñedos, hortalizas, fruta (melón principalmente) y cultivos forrajeros.

Las medidas de apoyo estatal permitieron la introducción de tecnologías de riego destinadas al ahorro de agua en 33.200 hectáreas en el año 2019 en el conjunto del territorio estatal (CAWater-IS, 2020). Sin embargo, el área donde se aplican nuevas tecnologías de riego representa solo el 1,7% del área total de tierra irrigada en Uzbekistán. Por esta razón, se

requiere una mayor intensificación de las medidas para ampliar el uso de tecnologías de ahorro de agua en la agricultura y garantizar la eficiencia del agua (MAWR, 2020).

En la Tabla 4.54 se puede apreciar el nivel de éxito o fracaso alcanzado en la provincia de Bujará donde solo se consiguió el 17,38% de la superficie objetivo para ese año 2019.

Tabla 4.54 Objetivos para la introducción del riego por goteo en 2019 en Bujará (CAWater-IS, 2020)

Distrito	Superficie de algodón en regadío (ha)	Objetivos fijados en 2019 (ha)	Resultados alcanzados al finalizar 2019 (ha)
Bukhara	9.000	400	165
Gijduvon	10.370	500	39
Jondor	13.340	400	30
Kogon	7.400	500	228
Karakul	9.950	600	144
Karaulbazar	5.515	300	40
Alat	8.620	1.000	110
Peshku	9.200	500	170
Romitan	11.885	1.000	30
Shafirkan	10.200	400	50
Vobkent	10.370	400	37
Bukhara city	150	0	0
Total provincia	106.000	6.000	1.043

Este resultado es más desfavorable en el distrito de Gijduvon, donde se localiza la explotación Rustam Fayz, donde se solo se alcanza el 7,80% de la superficie objetivo planificada. Estos resultados manifiestan problemas para convencer a los agricultores y representar un grave problema por la pérdida de las ayudas financieras consignadas a estas líneas de actuación.

Con el fin de incentivar la transformación, el estado uzbeco asume el 50 % del costo de la inversión necesaria a fondo perdido. Más tarde, se implementó otra medida con el fin de incentivar el ahorro del agua mediante el establecimiento de una cuota de 300 uzs/m^3 en las explotaciones con riego tradicional a manta o inundación y de 50 uzs/m^3 en aquellas explotaciones con tecnologías modernas que permitan el ahorro del agua. Entre estas tecnologías se contempla la nivelación por láser y el uso de acolchados plásticos en el riego por inundación y el riego a presión (goteo y aspersión).

Tabla 4.55 Parámetros de la transformación en riego por goteo en Bujará en 2019/2020 (Elaboración propia, 2021)

Distrito	Superficie de algodón en regadío en 2020 (ha)	Objetivos fijados en 2019 (ha)	Resultados alcanzados al finalizar 2020 (ha)	Transformación en riego por goteo en 2019/2020
Bukhara	8.020	400	0	165
Gijduvon	10.495	500	187,2	226,2
Jondor	11.680	400	32,8	62,8
Kogon	7.006	500	48,3	276,3
Karakul	8.955	600	19,8	163,8
Karaulbazar	5.905	300	633,7	673,7
Alat	7.915	1.000	70,6	180,6
Peshku	8.511	500	189	359
Romitan	10.873	1.000	62,7	92,7
Shafirkan	9.046	400	798	848
Vobkent	9.365	400	356,3	393,3
Bukhara city	130	0	0	0
Total provincia	97.900	6.000	2.398,4	3.441,4

Estos resultados mejoraron con la ejecución de las obras de modernización en las redes de distribución acometidas a lo largo del año 2020 y con la firma de convenios de colaboración con los gobiernos de Turquía y de Israel, que permitieron el acceso a equipos necesarios para la puesta en riego.

De esta forma en el bienio 2019/2020 se alcanzaron finalmente un total de 3.441,4 has en el conjunto de la región de Bujará y se consiguió el 57,36% de la superficie establecida en 2019 como objetivo en la provincia y el 45,24% en el distrito de Gijduvon.

A la vista de los resultados obtenidos, para alcanzar los objetivos fijados en el horizonte 2025 se hizo necesario establecer unos objetivos para el año 2021 bastante ambiciosos. Según datos del Gobernador de la provincia, para el año 2021 se pretende incentivar a agricultores para que participen en la introducción de nuevas tecnologías que permitan una mayor productividad en el uso del agua mejoras mejora y transformación de un total 22.821 hectáreas. Concretamente se quieren transformar en riego por goteo 17.441 ha, 15.000 ha destinadas a al cultivo del algodón, 1.100 ha en hortofruticultura, 540 ha en viñedos y 802 ha en otros cultivos. También se contempla potenciar el uso de invernaderos con riego mediante microaspersores (400 ha) y la nivelación por láser en 4.980 ha en el riego por inundación.

Tabla 4.56 Objetivos para la introducción del riego por goteo en 2021 en Bujará

Distrito	Superficie de algodón en regadío en 2021 (ha)	Objetivos fijados para el 2021: superficie de algodón en riego por goteo (ha)
Bukhara	7.720	1.100
Gijduvon	9.505	1.200
Jondor	10.625	1.500
Kogon	6.890	1.100
Karakul	8.145	2.000
Karaulbazar	6.010	1.500
Alat	7.890	1.500
Peshku	8.600	1.200
Romitan	10.220	1.600
Shafirkan	8.995	1.200
Vobkent	8.610	1.100
Bukhara city	70	0
Total provincia	93.280	15.000

En esta planificación se pretende transformar el sistema de riego en el año 2021 en 15.000 nuevas hectáreas de algodón en regadío por goteo, lo que representa el 16,08% el total del cultivo de algodón. Si a esta superficie en riego por goteo le sumamos la existente (4.621,4 ha) alcanzamos un objetivo para el año 2021 total de 19.621,4 ha en riego por goteo del algodón lo que representa el 21,03% del total del cultivo. Aún en el supuesto de alcanzar las 15.000 ha transformadas, estas cifras están muy alejadas del objetivo de alcanzar las 30.000 ha en riego por goteo para finales del año 2022 marcado en el decreto del año 2019.

4.3.2 Recursos hídricos destinados al cultivo de algodón en regadío en la provincia de Bujará

Con el objeto de poder estimar el volumen total de agua movilizado en el riego por inundación destinado a la producción de algodón en el periodo 2016/2021 tenemos que recurrir a diferentes fuentes estadísticas ya que no existe un registro único. El agua que se libera en la red de canales centrales no se registra en función del cultivo al que se destina, únicamente podemos llegar al dato de la explotación titular y con datos no siempre contrastados. Además, en los volúmenes entregados también se incluyen las pérdidas en la red de distribución local a veces superiores al 40% del caudal transportado. Debemos recordar que la mayoría de los

canales, el 79%, son acequias de tierra sin revestimiento, el 19% son canales de hormigón y solo el 2% son tuberías.

En la siguiente Tabla 4.57 se recogen los volúmenes de agua destinados al riego del algodón, incluyendo las aplicaciones invernales para el lavado de sales en riego por inundación una vez contrastados los datos facilitados por el órgano gestor provincial con los datos facilitados para cada distrito.

Tabla 4.57 Volumen de agua (10^3 m^3) destinado al cultivo de algodón en riego por superficie en la provincia de Bujará en el periodo 2016/2021 (Elaboración propia, 2022)

Distrito	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Bukhara	82.253	71.905	70.374	75.559	66.673	63.578
Gijduvon	88.026	86.876	86.189	86.909	87.310	78.509
Jondor	118.020	116.852	116.291	111.513	97.191	89.878
Kogon	61.665	57.735	60.387	63.143	58.318	58.635
Karakul	91.370	84.184	81.142	83.254	76.909	68.189
Karaulbazar	46.239	46.561	46.716	46.688	49.730	51.782
Alat	72.240	71.329	70.070	72.411	67.317	66.660
Peshku	88.156	80.789	76.142	77.740	71.668	72.939
Romitan	98.978	99.752	96.600	99.444	90.562	84.490
Shafirkan	84.485	83.917	81.248	85.507	74.428	75.443
Vobkent	92.598	83.346	84.329	86.909	77.088	72.222
Bukhara city	999	2.070	405	1.241	984	686
Total provincia	925.028	885.317	869.893	890.318	818.178	783.010

Los datos facilitados representan el sumatorio del agua entregada en cabeza de las explotaciones y destinada al riego, pero no contemplan las pérdidas en la red principal de transporte y distribución. En este volumen además del agua destinada a satisfacer las necesidades hídricas de los cultivos, también se incluyen los riegos realizados para el lavado de sales de los suelos. En la provincia de Bujará el 25,3% de la superficie cultivable, 69.600 hectáreas, casi 27.000 de estas dedicadas al cultivo de algodón, está afectado por la salinidad (CAWater-IS, 2020). La práctica habitual en estas zonas consiste en aplicar una dosis de agua en invierno entre 2.000 a 2.500 metros cúbicos por hectárea en riego superficial para que se infiltre a zonas profundas lavando las sales.

De forma significativa, y dada la falta de información y de formación, a pesar de las diferencias edafológicas de los cuatro tipos principales de suelos presentes en la región (Suelos arenosos, yermosoles, takyricos y gleysoles), las prácticas de riego por superficie empleadas por los agricultores son las mismas en cuanto a las dosis aplicadas y solo presentan ligeras diferencias en los tiempos y frecuencias de riego.

4.3.3 Definición de escenarios

Para la realización de los escenarios posibles partimos de tres hipótesis diferentes, optimista o favorable, medio y pesimista o desfavorable, en las que podamos aplicar los valores obtenidos de eficiencia en el uso del agua. En los tres escenarios trabajaremos con la superficie destinada a algodón en el año 2021 al desconocer el dato correspondiente al 2022.

Con la finalidad de mejorar la eficiencia en el uso de los recursos hídricos y poder diversificar la producción agrícola el Presidente de la República de Uzbekistán Shavkat Mirziyoyev estableció la hoja de ruta (Resolución PQ-4087 del 27 de diciembre de 2018) para difundir e implantar el uso de la tecnología de riego por goteo en la producción de algodón crudo.

Un de las consecuencias con mayor impacto de esta iniciativa fue la aprobación en 2019 el Decreto del Presidente de la República de Uzbekistán "S*obre medidas para el uso eficiente de la tierra y los recursos hídricos en la agricultura*" (NAPM, 2020). El objetivo que se persigue es la introducción de nuevas tecnologías de riego que permitan reducir los volúmenes de agua destinados a la agricultura de regadío mejorando la eficiencia en el uso del agua.

En este Decreto se aprueban una serie de líneas de apoyo financiero a los agricultores que decidan modernizar los sistemas de riego con cargo al presupuesto estatal de la República de Uzbekistán. De esta forma, se aprobó incentivar la transformación en riego localizado mediante una subvención directa de 8 millones uzs/ha, 690 €/ha con el cambio actual, concesión de préstamos destinados a la construcción, reconstrucción y compra de sistemas de riego por goteo y se facilita la tramitación de contratos de importación de equipos para la puesta en riego por goteo. Además, estos equipos importados son exonerados de pagar los derechos aduaneros. Estas medidas han dado unos resultados inferiores a los contemplados en la planificación regional responsable de la asignación de cupos de producción de algodón, posiblemente por las dificultades de los agricultores de asumir grandes inversiones sin un horizonte claro de mejoría económica.

Para definir el escenario optimista nos fijaremos en el objetivo fijado por el gobierno para el año 2022, donde se establece un objetivo para la provincia de Bujará de alcanzar las 30.000 ha transformadas de riego por goteo. Si consideramos la superficie total correspondiente al año 2021 (aún no disponemos de datos del año 2022) esto representa el 32,16% del total del cultivo. A partir de esta consideración definimos el Escenario 1 (optimista o favorable) aquel en el que la trasformación del sistema de riego alcance el 30% de la superficie destinada al cultivo del algodón.

Para definir el escenario medio partimos de las condiciones establecidas para el año 2021, donde a partir de un censo de 93.280 ha en riego por superficie se fija un objetivo anual de alcanzar las 15.000 ha transformadas de riego por goteo, lo que representa un 16,08% del total del cultivo. Definimos el Escenario 2 aquel en el que la trasformación del sistema de riego alcance el 16% de la superficie destinada al cultivo del algodón.

Si en para definir Escenario 2 empleamos el año 2021 como referencia, ahora nos fijamos en el año 2019. Para este año, primero en la aplicación del Decreto "*Sobre medidas para el uso eficiente de la tierra y los recursos hídricos en la agricultura*", el objetivo de modernización determinado fue alcanzar la superficie de 6.000 ha transformadas de riego sobre un total de 106.00 ha dedicadas al cultivo del algodón, lo que representa el 5,66%. Este valor no fue posible alcanzarlo, solo se llegó a las 1.043 ha, y en el año 20202 se introdujeron nuevos incentivos y facilidades lo que permitió alcanzar las 3.441,4 ha, que representa el 3,52% del total de la superficie destinada a algodón en 2020. Dado que podemos establecer un porcentaje entre el 3,52% alcanzado y el 5,66% deseado como referencia en el escenario pesimista, vamos a optar por un punto intermedio. Definimos el Escenario 3 (pesimista o desfavorable) como aquel en el únicamente el 5% de la superficie destinada al cultivo del algodón se transforme a un sistema de riego por goteo.

Tabla 4.58 Definición de escenarios (Elaboración propia, 2022)

Escenario	Superficie de algodón en regadío (ha)	Objetivos fijados (ha)	Objetivos alcanzados (ha)
Escenario 1	En el año 2022: 93.280		
Escenario 2	En el año 2021: 93.280	En el año 2021: 15.000	
Escenario 3	En el año 2019: 106.000	En el año 2019: 6.000	En el año 2020: 3.441,4

5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Siguiendo la metodología descrita a lo largo de este documento, este capítulo se estructura en tres bloques. A partir de los resultados referidos al consumo de agua en el período 2016/2021, y considerando dos subperiodos en función del sistema de riego empleado, obtenemos valores de la eficiencia en el uso del agua (EAU). La obtención de este indicador, además de ser en sí mismo el objetivo principal de esta tesis, también tiene como finalidad poder emplearlo en análisis posteriores. A partir de la información obtenida en la granja sobre los diferentes insumos como semillas, abonos, fitosanitarios, combustibles, costes de la maquinaria y salarios calculamos los valores nominales y reales del indicador IPAB e intentamos relacionarlos con el sistema de riego empleado. Finalmente, aplicamos estos resultados al conjunto de la superficie destinada a la producción de algodón en regadío en la provincia de Bujará suponiendo tres escenarios diferentes: optimista, medio y pesimista o desfavorable.

5.1 CONSUMO DE AGUA EN EL CULTIVO DEL ALGODÓN EN RUSTAM FAYZ 2016/2021

En este primer apartado recogemos los volúmenes de agua consumidos en el riego por superficie y en el riego por goteo que nos permitirán calcular y analizar la eficiencia en el uso del agua tal y como la hemos definido el capítulo anterior.

5.1.1 Riego por inundación en 2016/2018

Las Tablas 5.1, 5.2 y 5.3 recogen los volúmenes registrados y los valores unitarios de la lámina de agua, expresada en m^3 por hectárea en cada operación de riego por superficie desde el año 2016 hasta el año 2018 en los canales Norte y Oeste de la explotación Rustam Fayz.

Como se recoge la siguiente Tabla 5.1, en el riego por superficie en la campaña 2016 se emplearon 1,130 hm^3 en las 156,5 hectáreas dominadas por los canales Norte y Oeste. La superficie regada total, 156,5 ha, se divide en dos sectores de riego, uno dominado por el canal Norte de 58,5 ha y otro, dominado por el canal Oeste, con una extensión de 98 ha. El valor medio del aporte hídrico al cultivo del algodón de 722,0 mm.

Tabla 5.1 Consumo de agua (m^3) en riego convencional 2016 (Elaboración propia, 2019)

Riego		Volumen (m^3)		Lámina media (m^3/hectárea)
Mes	Día	Canal Norte	Canal Oeste	
Mayo	9		92.306,2	941,9
	13	44.214,6		755,8
	20		86.612,4	883,8
	25	52.416,0		896,0
Junio	4		103.115,6	1.052,2
	9	64.870,7		1.108,9
	19		130.202,8	1.328,6
	23	68.526,9		1.171,4
Julio	5		109.025,0	1.112,5
	8	58.815,9		1.005,4
	20		113.591,8	1.159,1
	23	68.047,2		1.163,2
Agosto	15	51.210,9		875,4
	18		86.965,2	887,4

USC UNIVERSIDADE DE SANTIAGO DE COMPOSTELA

Durante los meses de marzo, periodo previo a la siembra, y en el mes de abril, periodo de siembra y emergencia, la pluviometría registrada en la zona fue de 55,8 mm, lo que permitió retrasar el inicio de la campaña de riegos al 9 de mayo. Las dosis aplicadas en cada una de las operaciones de riego varían en función de la época en que se realiza cada una de ellas.

En la campaña 2017 se regaron por superficie o inundación 148,9 ha de algodón con un volumen total de 1,114 hm^3 y una lámina media de 748,4 mm. En esta campaña se mantuvo toda la superficie del sector Oeste, pero, debido a la reducción de los cupos de producción de algodón, en el sector Norte solo se cultivaron 50,9 ha de algodón, destinando el resto de la superficie a trigo. Las escasas precipitaciones registradas antes de la siembra, 33,3 mm, obligaron a adelantar la campaña de riego al 12 de abril para garantizar la adecuada humedad del suelo en las labores de siembra.

Tabla 5.2 Consumo de agua (m^3) en riego convencional 2017 (Elaboración propia, 2019)

Riego		Volumen (m^3)		Lámina media (m^3/hectárea)
Mes	Día	Canal Norte	Canal Oeste	
Abril	12		90.944,0	928,0
	18	44.425,5		872,8
	24		92.120,0	940,0
	30	45.636,9		896,6
Mayo	10		100.332,4	1.023,8
	16	60.250,3		1.183,7
	28		113.582,0	1.159,0
Junio	2	49.240,7		967,4
	16		125.410,6	1.279,7
	20	65.518,5		1.287,2
Julio	1		125.547,8	1.281,1
	5	67.116,7		1.318,6
	25		87.024,0	888,0
	27	47.219,9		927,7

En función de las cuotas asignadas para el cultivo del algodón, en la campaña 2018 se regaron 134,2 ha de algodón, 36,2 ha correspondientes al sector Norte y el total del sector Oeste con 98 ha. El volumen total de agua movilizada fue de 1,036 hm^3 con una lámina media de 772,3 mm.

Tabla 5.3 Consumo de agua (m^3) en riego convencional 2018 (Elaboración propia, 2019)

Riego		Volumen (m^3)		Lámina media (m^3/hectárea)
Mes	Día	Canal Norte	Canal Oeste	
Abril	17		88.307,8	901,1
	27	30.610,7		845,6
Mayo	2		84.887,6	866,2
	11	31.751,0		877,1
	20		100.773,4	1.028,3
	28	35.544,8		981,9
Junio	5		105.898,8	1.080,6
	12	37.184,6		1.027,2
	22		137.993,8	1.408,1
	28	51.005,8		1.409,0
Julio	9		88.415,6	902,2
	14	36.591,0		1.010,8
Agosto	6		84.681,8	864,1
	8	29.311,1		809,7
	18		70.677,6	721,2
	21	22.755,3		628,6

USC UNIVERSIDADE DE SANTIAGO DE COMPOSTELA

La precipitación en marzo y abril, con un total de 42,2 mm permitieron realizar la siembra a principios de abril, e iniciar la campaña de riegos a finales del mes para garantizar la humedad del suelo en la emergencia y germinación.

En la campaña 2016 se realizaron un total de 7 riegos en cada uno de los sectores norte y oeste entre el mes de mayo y agosto, mientras que en las campañas de 2017 y 2018 se realizaron 7 y 8, respectivamente, entre los meses abril y agosto. Se aprecia una pauta de riego muy semejante en ambos canales en los años 2016 y 2018. Las diferencias en las dosis mensuales en la campaña 2017 se explican por la distribución de días correspondientes a los meses, pero no son relevantes si analizamos el periodo transcurrido entre cada riego y las frecuencias de riego.

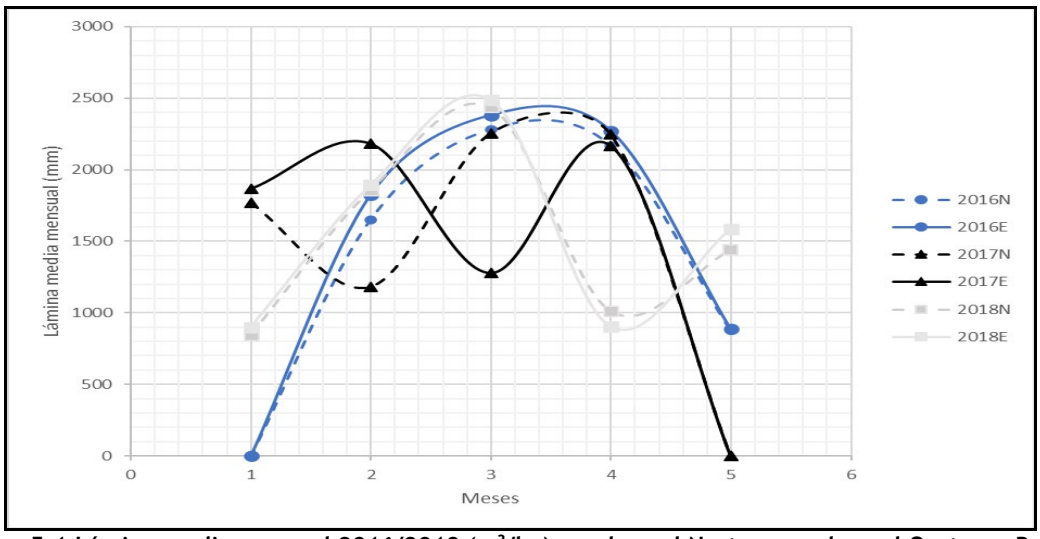


Figura 5.1 Lámina media mensual 2016/2018 (m^3/ha) en el canal Norte y en el canal Oeste en Bujará (Elaboración propia, 2019)

El valor de la lámina media aplicada en este periodo 2016/2018 es de 747,27 mm con una desviación estándar de 15,91. La variación en la dosis aplicada en los mismos canteros de riego durante diferentes campañas, con escasa variación en las superficies regadas, puede deberse a las diferentes condiciones climatológicas anuales o a circunstancias vinculadas a la realización de los riegos.

Comparando las láminas medias aplicadas en riego por superficie en las diferentes campañas se puede encontrar una relación entre la fecha de siembra y la humedad del suelo (determinada por las precipitaciones registradas en marzo y principios de abril). Precipitaciones en los periodos previos a la siembra permiten obtener una humedad adecuada en los suelos agrícolas que favorecen el retraso en la campaña de riego.

Tabla 5.4 Precipitación antes de la siembra 2016/2018 (Elaboración propia, 2019)

Año	Precipitación marzo y abril (mm)	Fecha del inicio de la campaña de riegos
2016	55,8	entre el 9 y el 12 de mayo
2017	33,3	entre el 12 y el 18 de abril
2018	42,2	entre el 17 y el 27 de abril

Por el contrario, con pluviometrías más escasas de lo habitual se hace necesario dar un riego posterior a la siembra para favorecer la nascencia, siempre que las temperaturas no sean demasiado bajas y peligre la viabilidad de las semillas.

En la Figura 5.2 se aprecia gráficamente la existencia de la relación comentada entre la pluviometría anual, la pluviometría registrada en el periodo vegetativo (de abril a septiembre) y la cantidad de agua destinada al riego a pesar de solo disponer de tres campañas para esta observación.

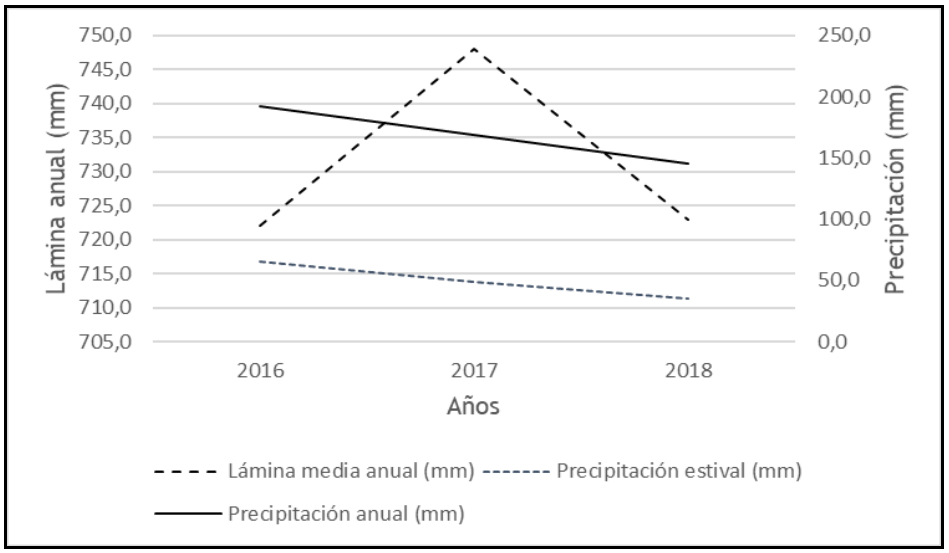


Figura 5.2 Relación entre la dosis de riego y la precipitación (Elaboración propia, 2019)

La Tabla 5.5 recoge los volúmenes registrados (m^3) y los valores unitarios de la lámina de agua, expresada en m^3 por hectárea en cada campaña de riego desde el año 2016 hasta el año 2021 en el conjunto del cultivo del algodón en regadío en la explotación piloto.

Tabla 5.5 Consumo de agua (m^3) en riego convencional 2016/2018 (Elaboración propia, 2019)

Año	Superficie en regadío algodón (ha)	Volumen de agua de riego (m^3)	Lámina media (m^3/hectárea)
2016	156,5	1.129.920,9	7.219,9
2017	148,9	1.114.369,4	7.484,0
2018	134,2	1.036.390,8	7.722,7

La lámina media anual en el periodo de estudio es de 7.472,7 m^3/hectárea con una desviación estándar de 159,08 para el periodo 2016/2018.

Únicamente en aquellas parcelas destinadas al riego por superficie donde la gerencia de la explotación considera con problemas de salinidad, una vez realizadas las labores de preparación de los suelos en otoño, se aplican dos dosis de agua destinadas al lavado de sales. Actualmente se carece de un servicio de asesoramiento en este sentido a pesar de los problemas causado por la salinización de los suelos. Cada una de estas aplicaciones son entre 900 y 1.000 m^3 por hectárea, en función de la pluviometría experimentada en esa época y de las disponibilidades del órgano de Gestión de Canales (CMOs). La explotación Rustam Fayz no presenta problemas significativos de suelos salinos y dispone de una red de drenaje de las aguas de riego en muy buenas condiciones. Las aguas sobrantes, por escorrentía y parte de las infiltradas, se recogen en los canales de drenaje, se reutilizan en el riego de otras explotaciones y de otras fincas.

Las dosis de riego recomendadas por el Instituto de Investigación Científica de Riego de Asia Central (SANIIRI) para suelos yermosoles franco medio con baja salinidad, como los de esta explotación, oscilan entre los 5.600-6.500 m^3/ha para el riego por inundación para la

región del norte de Bujará. Diferentes autores vinculan las dosis de riego adecuadas con la formación técnica del agricultor (Cuesta y otros, 2005), las relaciones dimensionales de los canteros de riego (Neira y otros, 2005), la adecuada nivelación del terreno (Playán y Faci, 1998) y la forma de aplicar la técnica de riego adoptada (Pereira y otros, 2010).

Los valores obtenidos en este trabajo están en sintonía con otros resultados para el cultivo del algodón en situaciones semejantes. Así, Kanber y otros (2007), proponen para el cultivo del algodón en riego por inundación por surcos en el suroeste de Turquía valores entre 624 y 1.872 mm para producciones semejantes (desde 2.540 kg/ha a 3.640 kg/ha), aunque en este estudio se ensaya con un rango muy amplio de dosis de riego. Manuales técnicos españoles (Fereres y otros, 2009) proponen dosis entre los 700 mm y los 900 mm para el riego por superficie en el valle del Guadalquivir.

Diferentes autores señalan que cuando se utilizan métodos de riego por superficie mal diseñados y manejados de forma incorrecta se originan unos consumos muy altos de agua de riego a causa de la baja eficiencia en parcela (Pereira y otros, 2010; Cuesta, 2002). Esto da lugar a pérdidas por percolación profunda y escorrentía superficial y la consiguiente salinización de las aguas de retorno de riego. También es importante recordar las ventajas locales que presenta el riego por superficie en cuanto a los costes de instalación y mantenimiento (Playán y Faci, 1998).

Al discutir acerca de la cantidad de agua empleada en el riego por superficie en el cultivo de algodón es importante incidir en las necesidades de agua para el lavado de suelos y evitar la salinización de los mismos y de las aguas de escorrentía y drenaje.

El lavado de sales consiste en realizar un aporte extra de agua de riego en invierno para que se infiltre a zonas profundas eliminando los minerales acumulados por efecto de la fertilización y resulta fundamental en el riego por inundación en suelos salinos. La única manera de eliminar la sal del suelo es retirando el exceso de minerales mediante una aportación de agua o con un exceso de agua en las dosis de riego en cada operación. La práctica habitual en esta región consiste en, una vez realizada la preparación de los suelos en otoño, con una labor mediante arado o subsolador, pase de cultivador o chisel y una nivelación de la parcela, y dependiendo del nivel de salinidad del suelo, aplicar una dosis de agua de 2.000 a 2.500 m^3 por hectárea en invierno, normalmente en dos operaciones de riego antes de realizar la siembra en abril. Además, se intenta aprovechar las precipitaciones de esta época, que representan el 60 % de la precipitación anual. En el caso de suelos fuertemente salinos se recomienda aplicar 2.000 m^3 por hectárea en el riego a manta en dos o más operaciones (Horst y otros, 2005).

Las consecuencias de los altísimos volúmenes de agua movilizados en el riego por inundación en el cultivo del algodón son responsables de la desertización del Mar de Aral (Sokolov, 2019; Obertreis, 2007) y del incremento de la salinidad en las zonas irrigadas (Kulmatov y otros, 2015; Rahimov y otros, 2020a).

Al abordar la planificación de los recursos hídricos en esta región, Rahimov y Abdughaniyev (2009) señalan que es importante considerar todas las variables y entender que la solución a los problemas medioambientales y sociales no tiene que ser únicamente de carácter agrícola a pesar de la importancia de la demanda agraria de agua. En este sentido, otros investigadores en la gestión del agua en Asia Central (Hamidov y otros, 2015; Dzhabbarov, 2005) proponen que el agua se debe utilizar de manera más eficiente en las granjas, ya que se desperdicia mucha agua en algunos cultivos de bajo rendimiento en tierras áridas. Un ejemplo ilustrativo puede ser el caso del vecino país de Turkmenistán donde, con muy bajas precipitaciones y suelos pobres, la producción de una tonelada de trigo consume

entre 2.000 y 4.000 m^3 de agua de riego, mientras que, en la cercana zona norte de Kazajstán, gracias a su pluviometría, se pueden producir estos cultivos de cereal en secano.

El riego por inundación presenta un importante margen de mejora técnica apoyándose en el bajo coste operacional incidiendo en nuevas técnicas de manejo del agua, como el riego a pulsos o el riego deficitario o en la automatización del riego de algunas de las operaciones que alivien el trabajo manual o la toma de decisiones.

Ya hemos citado numerosos estudios dónde se abordan la EUA bajo diferentes condiciones incluyendo el déficit en los que se persigue cómo alcanzar los mayores valores de EUA para diferentes rendimientos del cultivo. Mencionar únicamente los trabajos de Baker y otros (2015) realizados en Texas (USA) en 2014, Ertek (1998) en Cukurova (Turquía) donde ensaya 12 situaciones diferentes o, ya en España, donde Mateos y otros (1991) obtuvieron valores entre los 505 mm y los 725 mm ensayando diferentes condiciones en una finca experimental en Córdoba.

5.1.2 Riego por goteo en 2019/2021

Disponemos de los datos de consumo obtenidos mediante lecturas horarias en el cabezal de riego existente en la explotación donde, como ya se ha comentado, las mediciones corresponden al contador situado en el grupo de bombeo durante las diferentes operaciones realizadas en cada una de las campañas 2019, 2020 y 2021 en el conjunto de los 3 sectores de riego, con un total de 24 ha.

En la siguiente Tabla 5.6 se recoge el resumen de las lecturas diarias en cada operación de riego en el sector 1 durante los diferentes periodos vegetativos en las tres campañas estudiadas. Los tres sectores de riego por goteo presentan características muy semejantes e idéntica superficie.

Tabla 5.6 Lecturas diarias en riego por goteo 2019/2021 según periodo vegetativo (Elaboración propia, 2022)

Periodo vegetativo	Duración (días)	Año	Lectura del volumen medio en cada sector (m^3/día)
Nascencia a inicio floración	15	2019	89,06
	12	2020	103,90
	14	2021	117,66
Finalización de la floración a aparición de cápsulas	52	2019	77,07
	57	2020	76,56
	58	2021	71,00
Finalización de apertura de cápsulas	83	2019	228,56
	87	2020	257,97
	80	2021	240,22
Maduración hasta cosecha	14	2019	171,77
	16	2020	198,82
	17	2021	145,34

Resulta importante destacar que, una vez realizadas las obras de mejora y modernización, financiadas al 50% entre la propiedad Rustam Fayz y el Ministerio de Agricultura y de los Recursos Hídricos, no se establece ningún protocolo de asesoramiento o apoyo técnico. Los agricultores realizan el riego siguiendo unas pautas muy generalistas para cada distrito de la provincia según su entender y conocimiento.

El autor de este trabajo, en estudios previos (Rahimov, 2010) ya manifestó que además de ser imprescindible establecer mecanismos de seguimiento de los resultados obtenidos con las inversiones de modernización y con la eficiencia en el uso dela agua, es necesario implementar acciones complementarias como la realización de cursos de formación de los

regantes en los nuevos métodos de riego, disponer de información sobre las condiciones edafológicas de los suelos agrícolas en cada explotación, disponer de información climatológica en tiempo real, mejorar los incentivos para la adopción de nuevas tecnologías y calendarios de riego, adecuar las estructuras de gestión colectiva del agua y supervisar el mantenimiento de los nuevos equipos.

Un buen exponente de la falta de formación de los regantes, se visualiza en la Figura 5.3 donde se aprecia la semejanza en las prácticas de riego por goteo en los tres años considerados. Esto es lógico ya que los agricultores han seguido los calendarios establecidos en la primera campaña con ligeras modificaciones en función de la experiencia, de la producción obtenida y de las características climáticas de cada campaña.

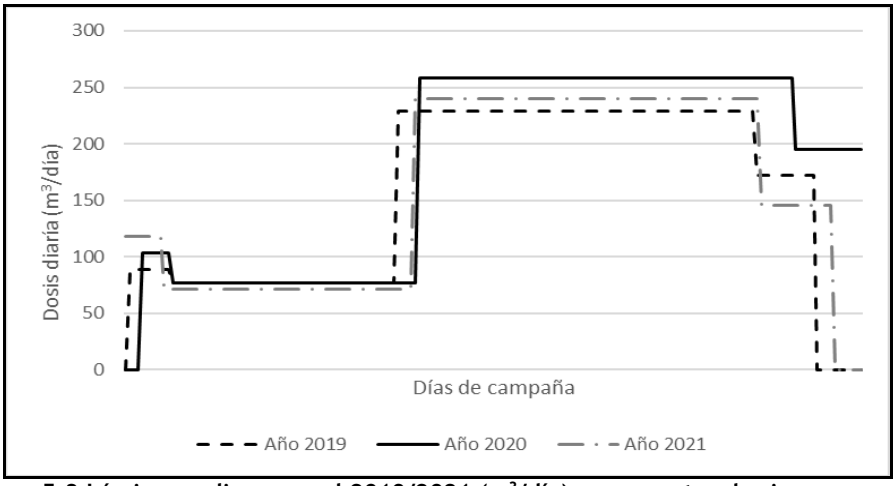


Figura 5.3 Lámina media mensual 2019/2021 (m^3/día) en un sector de riego por goteo (Elaboración propia, 2022)

En la Tabla 5.7 se recoge el volumen total anual (m^3) y el volumen medio anual, expresado en m^3 por hectárea, que, lógicamente, corresponden con las dosis de riego decididas por los gestores de la explotación al inicio de cada campaña.

Tabla 5.7 Consumo de agua (m^3) en riego por goteo 2019/2021(Elaboración propia, 2021)

Campaña	Consumo total (m^3)	Consumo medio (m^3/hectárea)
2019	80.157,0	3.817,0
2020	93.513,0	4.453,0
2021	82.362,0	3.922,0

La lámina media anual aplicada en riego por goteo en el periodo de estudio es de 4.054,72 m^3/hectárea con una desviación estándar de 215,76 para el periodo 2019/2021.

Estos valores coinciden con los obtenidos por otros autores en condiciones semejantes. Baker y otros (2015) estudiando la eficiencia del uso del agua en el algodón en diferentes situaciones de stress hídrico, para condiciones semejantes a las de Bujará trabajaron con dosis de 439 mm en Lubbock, Texas (USA) en 2014. Mateos y otros (1991) obtuvieron valores entre los 505 mm y los 725 mm ensayando diferentes condiciones en una finca experimental en Córdoba (España) en 1986. En la región de Cukurova (Turquía), Ertek (1998) llevó a cabo un experimento para desarrollar un programa adecuado para el riego por goteo del algodón, así como para estudiar la posibilidad de utilizar sistemas de riego por goteo para el algodón. En este estudio se ensayan 12 situaciones diferentes en las que las dosis aplicadas en riego por goteo varían entre los 336 y los 439 mm.

Según Forkutsa y otros (2009), la facilidad con la que un sistema de goteo permite gestionar el agua de riego posibilita un mejor control de la salinidad del suelo. Este sistema de riego permite aplicar el riego más de forma más frecuente y a bajas dosis. Por lo que se favorece que la zona del suelo donde se desarrollan las raíces se mantenga con un elevado contenido de agua y esto produce una reducción del estres hídrico, y a la vez, mantiene una concentración salina uniforme.

5.1.3 Medida de la eficiencia en el uso del agua (EUA)

A partir de los datos recogidos en las dos preguntas anteriores, podemos calcular y analizar los valores de la EUA. Con la finalidad de poder realizar un análisis sólido que permita establecer conclusiones, calcularemos la EUA para cada tipo de riego, inundación y goteo, a partir de los datos de campo tomados en cada campaña de riego.

En la Tabla 5.8 se recogen los valores anuales de la EUA obtenidos para el periodo 2016/2021.

Tabla 5.8 EUA (kg/m^3) en algodón 2016/2021 (Elaboración propia, 2019)

Año	Producción (kg/ha)	Consumo medio por ha (m^3)	EUA (kg/m^3)
2016	2.652	7.219,9	0,37
2017	2.397	7.484,0	0,32
2018	2.487	7.722,7	0,32
2019	3.980	3.817,0	1,04
2020	4.380	4.453,0	0,98
2021	4.194	3.922,0	1,07

En la Figura 5.4 se representa visualmente la interrelación entre los dos parámetros considerados en la tabla anterior: la cantidad de agua suministrada al cultivo en cada campaña (m^3/ha) y el valor obtenido de EUA (kg/m^3).

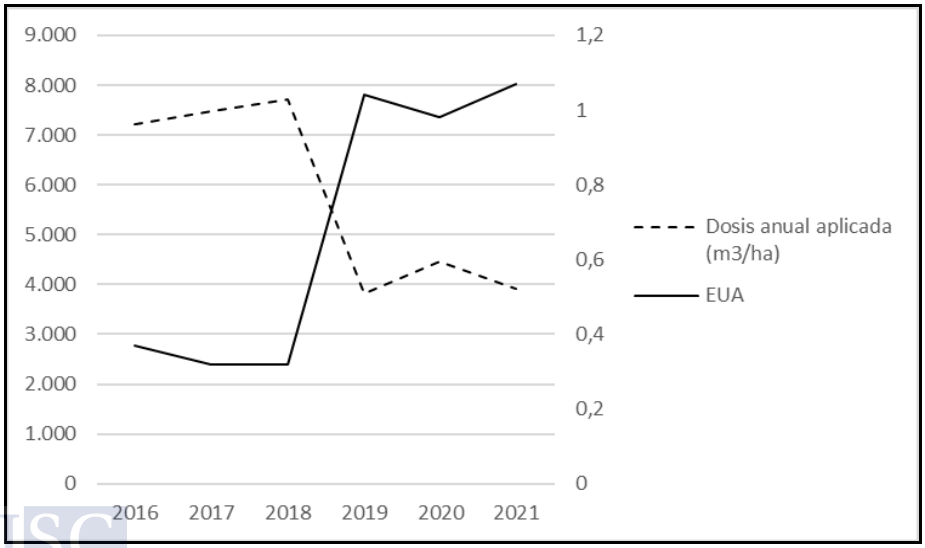


Figura 5.4 Relación entre la dosis anual aplicada y la EUA calculada para el periodo 2016/2021 en Rustam Fayz (Elaboración propia, 2022)

El valor de la EUA obtenido en el riego por inundación (EUAi) en la explotación piloto varía entre 0,32 kg/m^3 y 0,37 kg/m^3 para el periodo 2016/2018. La EUAi presenta un valor medio de 0,34 kg/m^3 y una desviación estándar de 0,02.

En el caso de riego a presión localizado mediante goteros integrados, el valor de la eficiencia en el uso del agua (EUAg) en el riego por goteo en la explotación piloto varía entre 0,98 kg/m^3 y 1,07 kg/m^3 para el periodo 2019/2021. La EUAg obtenida en estas condiciones presenta un valor medio de 1,03 kg/m^3 y una desviación estándar de 0,10.

Estos resultados coinciden con los obtenidos en otros trabajos. Yavuz (1993) ha ensayado diferentes métodos de riego superficial, concretamente riego por inundación en surcos, obteniendo valores de eficiencia entre 0,35 kg/m^3 y 0,49 kg/m^3. En riego por goteo, en el estudio ya citado anteriormente de Ertek (1998) los valores de EUAg varían entre 0,75 kg/m^3 y 0,93 kg/m^3.

Cetin y Bilgel (2002) realizaron un experimento entre 1991 y 1994 sobre el riego del algodón en la llanura de Sanliurfa-Harran, en Turquía, para determinar los efectos de varios métodos de riego relacionando la eficiencia en la aplicación con los rendimientos.

Tabla 5.9 Valores de EUA (kg/m^3) en algodón para riego por inundación y riego por goteo (Cetin y Bilgel, 2002)

Riego por inundación en surcos			Riego por goteo		
Dosis aplicada (mm)	Producción (kg/ha)	EUAi (kg/m^3)	Dosis aplicada (mm)	Producción (kg/ha)	EUAg (kg/m^3)
624	2.610	0,42	341	2.070	0,61
937	3.630	0,39	619	3.460	0,56
1.248	3.850	0,31	898	4.380	0,49
1.561	3.970	0,25	1.144	4.890	0,43
1.872	3.640	0,19	1.408	4.900	0,35

Los valores de EUA obtenidos en la explotación piloto, con dos sistemas de riego diferentes, son significativos y nos permiten obtener bastantes elementos de discusión. Si comparamos únicamente los valores medios, 0,34 kg/m^3 para EUAi y 1,03 kg/m^3 para EUAg, apreciamos que la eficiencia se multiplica por tres. Por cada metro cúbico de agua destinada al riego del algodón obtendríamos un incremento en la producción media de 0,69 kg/ha en el caso de transformar el sistema de distribución de agua de un riego tradicional por inundación a un riego a presión por goteo. Si empleamos el dato obtenido de 4.054,72 m^3/hectárea como lámina media anual de agua de riego aplicada por goteo en la explotación piloto, con el mismo volumen de agua destinado al riego se obtendrían teóricamente rendimientos superiores a las 5 toneladas de algodón crudo por hectárea. En lugar de analizar el potencial incremento de producción con el riego por goteo, empleando los valores medios de EUA obtenidos podemos estimar el ahorro de agua manteniendo los rendimientos unitarios en el cultivo de algodón. Para alcanzar la producción media de la campaña 2020/21, 4.194 kg/ha, en lugar de movilizar los más de 13.100 m^3/ha necesarios en riego por inundación necesitaríamos únicamente 4.072 m^3/ha en riego por goteo.

Un aspecto que se debe discutir en el momento de interpretar los valores obtenidos de la EUA es el hecho de no considerar el agua de lavado en el cálculo de los índices de eficiencia. Efectivamente, los trabajos consultados en este estudio (Baker y otros, 2015; Cetin y Bilgel, 2002; Yavuz, 1993) parten de la definición de la eficiencia como una medida de la cantidad de biomasa producida por unidad de agua utilizada por una planta. Es necesario considerar estos aportes en otro tipo de indicadores como puede ser el IPAB definido en este trabajo más adelante.

Evidentemente en la decisión o discusión sobre la tecnología de riego que debemos aplicar es necesario considerar otras variables además del incremento experimentado en los rendimientos, la reducción en las dosis aplicadas y el ahorro en las necesidades del agua de lavado. Debemos analizar y considerar el nivel de insumos, los costes energéticos, el coste

social del recurso agua o los condicionantes medioambientales, pero este valor de eficiencia nos puede ayudar como herramienta en la toma de decisiones.

En este sentido, y de acuerdo con los estándares de la FAO (FAOSTAT, 2020), los sistemas de riego empleados en Asia Central, especialmente en la cuenca inferior de los ríos Amu Darya y Sir Darya presentan rendimientos muy bajos. Según investigadores como Conrad y otros (2007), el principal cuello de botella para analizar el funcionamiento del sistema y el rendimiento del riego en detalle es la falta de información confiable y consistente. Para superar estas limitaciones, la integración de la gestión de los recursos hídricos es un paso importante con el objetivo de mejorar condiciones ambientales en la cuenca del Mar de Aral.

En este sentido, el parámetro de la eficiencia presenta gran utilidad en el momento de analizar diferentes sistemas de riego en condiciones semejantes o para valorar la componente agua en cada unidad de producción (Fernández y Camacho, 2005). También nos permite cuantificar volúmenes de agua de riego agrícola necesarios para la obtención de determinados niveles productivos, buscando la eficiencia económica (Cachanosky, 2012).

Se acepta por numerosos autores (Ghorbani y otros, 2020; Losada, 2008) que la aplicación del riego localizado es homogénea y uniforme, con valores de eficiencia de aplicación y de uniformidad de distribución muy altos. El aporte de agua continuo y equilibrado evita los problemas de encharcamiento típicos del rego por inundación y reduce significativamente el empleo de mano de obra en el momento de realizar el riego (Pereira y otros, 2010). En el riego por goteo el agua puede ser aplicada de forma precisa y frecuente y resulta un método efectivo para controlar el crecimiento y la producción. Otro elemento destacable referente a todas las actuaciones de modernización en las labores agrarias es la dignificación de las tareas realizadas por los trabajadores, aliviando la penosidad y dureza de algunas labores que se realizan manualmente. Un claro ejemplo es la eliminación en el riego por goteo de la necesidad de disponer de operarios dotados de azadones para conducir el agua correctamente en el riego por inundación evitando problemas de distribución en las zanjas de riego.

Además, en las zonas en las que se introduce la tecnología de riego por goteo, no se produce una infiltración innecesaria de agua en el suelo permitiendo un control más eficaz de la calidad de las aguas subterráneas e impidiendo el aumento de la salinidad de las aguas y de los suelos de cultivo (Forkutsa y otros, 2009). La distribución del agua a presión permite simplificar la gestión de las aguas de escorrentía y drenaje. Se reducen los costes de explotación de las redes de colectores existentes, en algunas zonas no serán necesarias las redes de colectores-drenaje, aumentará el coeficiente de utilización de la tierra permitiendo aumentar la superficie de la tierra cultivable disponible.

A pesar de estas ventajas del riego por goteo, autores como Neira y otros (2005) destacan que la ventaja de un método de riego sobre otro depende de la capacidad de optimizar la gestión del riego y de la adaptabilidad de la tecnología empleada a las condiciones propias de la explotación, no solo físicas y técnicas si no también socioculturales (Cuesta y otros, 2005). Según Pereira y otros (2002), la producción de algodón en regadío depende más del régimen hídrico que del método de riego de forma que se pueden obtener altos rendimientos de algodón utilizando riego por goteo o por surcos con un manejo adecuado. En este sentido, investigadores como Baker y otros (2015) o Mateos y otros (1991) destacan que técnicas como el riego deficitario puede utilizarse en el algodón para inducir la precocidad.

USC UNIVERSIDADE DE SANTIAGO DE COMPOSTELA

5.2 CONSUMO DE INPUTS EN EL CULTIVO DEL ALGODÓN AGUA EN RUSTAM FAYZ 2016/2021

Como ya se ha destacado en el Capítulo anterior, un aspecto importante al abordar el estudio de los insumos en este trabajo es la imposibilidad de contemplar de forma sistematizada los costes del uso y del suministro de agua. Los agricultores que, ya sea

individual o colectivamente, gestionan una explotación agraria, deben satisfacer al estado unas tasas anuales por el uso y tenencia del suelo en función de la superficie asignada sin que exista un precio asignado a la unidad económica "agua" y a la energía. Desde el año 1995 se introdujo un impuesto sobre la tierra regable que solo depende de la extensión y de la "calidad" de los suelos. En función de estos parámetros los responsables de la administración de una explotación pueden llegar a satisfacer una cantidad anual comprendida entre los 2,2 €/ha y los 21,4 €/ha en la provincia de Bujará.

Los principales costos del suministro de agua para los agricultores son asumidos por el presupuesto estatal, a través del MAWR, lo que significa que los pagos por el suministro de agua por parte de los productores agrícolas no están directamente relacionados con la cantidad de consumo. Según el autor de esta tesis (Rahimov y Yavmutov, 2019), la ausencia de relación entre la cantidad y el coste del uso del recurso agua no favorece la gestión eficiente y la toma de decisiones adecuadas. Los gestores carecen de capacidad e incentivos suficientes para ahorrar en el costo del agua, para introducir tecnologías de ahorro de agua y energía o para mantener y modernizar las infraestructuras existentes (Rahimov y otros, 2010).

Además de la gran cantidad de agua destinada a la agricultura, la partida presupuestaria del estado destinada a mantener el regadío en Uzbekistán es cada vez mayor. En 2007, el gasto anual para regar poder regar 4,25 millones de hectáreas fue de 50.000 millones de euros según Rahimov y Abdughaniyev (2009). Según el MAWR (2021), el nivel de consumo de energía y agua es muy elevado en los cultivos de algodón y cereales. En particular, se gastan anualmente 8.000 millones de kWh anuales de electricidad y 2,4 billones de uzs (210 millones anuales de euros) de fondos presupuestarios para asegurar el funcionamiento de más de 5.000 grupos de bombeo para el riego de 2,5 millones de hectáreas de tierra en toda la República. Según este informe del MAWR, en estas condiciones, los temas del ahorro y la contabilidad del agua se han vuelto más relevantes que nunca y, en los últimos dos años, el Presidente y el Gobierno han adoptado 11 resoluciones en esta área y se han creado todas las condiciones para su resolución.

Los datos anuales obtenidos en los libros contables y registrados en la explotación correspondientes a periodo 2016/2021 se ordenan en 7 grupos diferenciados por su naturaleza: semillas, fertilizantes minerales, productos químicos, combustibles, costes de la maquinaria, salarios y gastos diversos e imprevistos. Para facilitar el análisis temporal seleccionaremos unidades que nos permitan evitar todos los elementos que aporten volatilidad a los resultados a costa de tener que realizar un cálculo estático en el tiempo. A pesar de esto, finalmente trabajaremos con resultados reales y no nominales.

El consumo de semillas sigue una pauta claramente diferenciada según el sistema de riego empleado sin variaciones significativas en cada campaña. Sabemos que el momento de la siembra representa una fase crítica para el cultivo por la necesidad de disponer de unas condiciones adecuadas de suelo o tempero suficiente. Dada la escasa precipitación primaveral y la falta de humedad en el suelo, a veces se recurre a un riego previo y al sembrado al oreo. Si se riega posteriormente a la siembra y transcurren días de calor se puede formar una costra en la superficie del suelo que dificulta la nascencia. Además, el riego posterior a la siembra disminuye la temperatura de la tierra y retrasa la nascencia, con lo que se favorecen las enfermedades criptogámicas. Esta problemática, típica del riego por inundación, no se presenta en el riego por goteo, lo que permite el uso de menos semilla en un mismo marco de plantación.

En la tabla siguiente se recogen los datos registrados por la gerencia de la explotación piloto en los libros contables en el periodo 2016/2021.

Tabla 5.10 Consumo de semilla en Rustam Fayz en el cultivo de algodón en regadío 2016/2021 (Elaboración propia, 2022)

Campaña	Coste	
	kg/ha	10^3 uzs/ha
2016	61,1	219,09
2017	59,4	237,49
2018	59,8	267,78
2019	31,3	167,49
2020	30,8	185,42
2021	31,1	206,88

Según Fereres y otros (2009), en España se emplean entre 40 y 60 kg/ha de semilla seleccionada y certificada para la siembra en regadío, aunque estas cifras están ligadas directamente con la tecnología empleada en la siembra, con el marco de plantación y con el sistema de irrigación. La introducción de la semilla desborrada por procedimientos químicos también supuso una importante reducción en la cantidad empleada, aunque con un ligero incremento en el costo unitario.

La Tabla 5.11 resume los datos obtenidos para el consumo de fertilizantes y abonos.

Tabla 5.11 Consumo de fertilizantes minerales en Rustam Fayz en el cultivo de algodón en regadío 2016/2021 (Elaboración propia, 2022)

Concepto	Campaña	Coste	
		kg/ha	10^3 uzs/ha
Abonos nitrogenados	2016	659,7	604,50
	2017	648,1	662,16
	2018	660,9	756,27
	2019	298,2	407,76
	2020	310,3	477,37
	2021	312,9	531,90
Fertilizantes fosfatados	2016	201,5	418,33
	2017	200,2	463,43
	2018	198,7	515,15
	2019	199,7	618,70
	2020	202,6	706,15
	2021	204,8	788,77
Fertilizantes potásicos	2016	98,7	106,17
	2017	101,0	121,14
	2018	100,0	134,33
	2019	80,8	129,70
	2020	86,4	156,03
	2021	81,2	162,04

Para el análisis del consumo de fertilizantes agruparemos los tres tipos empleados en un mismo grupo. En las dosis aplicadas de fertilizantes fosfatados y potásicos no se aprecian grandes variaciones, a parte de una mayor eficiencia en el uso de los compuestos fosfatados, ya sea en forma pura o en fosfato de amonio, lo que permite aplicaciones menores. En el caso del abonado nitrogenado, al ser principalmente de cobertera, se consigue grandes incrementos en su eficiencia gracias a la aplicación de los productos empleando el sistema de distribución del agua en el riego por goteo.

En el caso del abonado, donde se apreciará un cambio significativo con la introducción del riego por goteo será en los costes de aplicación de los productos fertilizantes. En el riego por goteo el sistema radical de las plantas está contenido en el bulbo prácticamente en su

totalidad, por tanto, hay que localizar el fertilizante dentro del bulbo, y el mejor modo de hacerlo es aplicar los abonos disueltos en el agua de riego. Este ahorro no solo significa un menor coste en la compra de producto fertilizantes y en los costes de aplicación si no una mejora en la calidad de las aguas de drenaje y en los suelos.

En el caso de los productos químicos, a pesar de las diferencias en su naturaleza, también haremos una agrupación. En este apartado mencionar los trabajos que denuncian el uso excesivo e innecesario de fitosanitarios y defoliantes en esta zona (Rahimov y otros, 2020a; Abdullaev, 2002).

Con el uso del riego por goteo se intensifica el uso de reguladores del crecimiento con el fin de anticipar la madurez del cultivo y poder prolongar la campaña de riegos. El objetivo no es más que permitir una recolección más temprana y con la mayor proporción posible de frutos abiertos en la primera recogida.

La Tabla 5.12 resume los datos obtenidos para el consumo de fitosanitarios, defoliantes y bioestimulantes.

Tabla 5.12 Consumo de productos químicos en Rustam Fayzr en el cultivo de algodón en regadío 2016/2021 (Elaboración propia, 2022)

Concepto	Campaña	Coste
		10^3 uzs/ha
Fitosanitarios	2016	495,40
	2017	552,37
	2018	618,65
	2019	739,29
	2020	831,70
	2021	919,03
Defoliantes	2016	148,78
	2017	165,89
	2018	185,80
	2019	222,03
	2020	249,78
	2021	276,01
Bioestimulantes	2016	32,26
	2017	35,97
	2018	40,29
	2019	406,66
	2020	457,49
	2021	505,53

Como se explicó anteriormente, los costes vinculados a la maquinaría se presentan en dos conceptos fundamentales, el coste del consumo de combustibles y el coste del uso de maquinaria por parte de cooperativas de servicios externas a la explotación. Además, decidimos distinguir los trabajos de preparación del suelo agrícola antes de la siembra y los trabajos que se ejecutan durante el crecimiento del cultivo hasta su recolección.

En la Tabla 5.13 se recoge la evolución del consumo, expresado en kg de gasoil por hectárea cultivada con algodón, en el período 2016/2021 en las labores de preparación de los suelos para la siembra y siembra.

Ya hemos comentado la importancia de la generalización de la nivelación, y de las mejoras en su realización, que presentar significativos beneficios para el cultivo (Pereira y otros, 2010). Una adecuada nivelación del terreno facilita el resto de los trabajos con la maquinaria agrícola, favorece la uniformidad en la profundidad de la siembra y, por tanto, en el nacimiento de las plántulas. Esto es debido a que el suelo retiene la humedad de manera

uniforme. También es importante destacar que, en el riego por goteo, no es necesario realizar unas labores preparatorias para la siembra tan exigentes como en el riego por surcos y que, lógicamente, no necesitaremos ejecutar las zanjas o surcos para la conducción del agua en el suelo. De la misma forma, se facilitan las labores de preparación del suelo una vez realizada la cosecha.

Tabla 5.13 Consumo de combustibles (kg/ha) en el periodo de pre-siembra y siembra 2016/2021 (Elaboración propia, 2022)

Campaña	Arado	Cultivador chisel	Aplicación de fertilizantes	Nivelación	Preparación del suelo para la siembra	Siembra
2016	34,6	10,1	2,4	11,8	17,2	7,2
2017	31,2	9,4	2,1	11,2	15,6	7,0
2018	32,8	9,0	2,2	11,2	16,4	6,7
2019	23,1	6,8	2,3	6,7	13,4	7,0
2020	24,6	7,3	2,7	7,3	14,6	7,4
2021	23,2	7,1	3,1	6,9	13,7	7,9

En este apartado, debemos destacar la reducción de los costes vinculados a la nivelación y al número de pases con cultivador gracias a las mejores condiciones del terreno en el suelo por goteo. En el riego por goteo sólo se humedece la parte del campo donde se encuentran los cultivos, para que no se endurezca la tierra del campo. Con respecto a la introducción de la nivelación como una tecnología que mejora la EUA, en el caso del riego por goteo la nivelación adecuada del terreno permite la obtención de plántulas con alturas uniformes lo que incrementa la eficiencia del riego, con ahorros estimados del 6-7% en la dosis de riego. En la Tabla 5.14 se recoge la evolución del consumo (kg/hectárea cultivada con algodón), en el período 2016/2021 en las labores posteriores a la siembra, es decir, la fertilización, la lucha contra plagas, enfermedades y malas hierbas y los trabajos de recolección.

Tabla 5.14 Consumo de combustibles (kg/ha) en el periodo vegetativo 2016/2021 (Elaboración propia, 2022)

Campaña	Aplicación de fertilizantes	Tareas de cultivo	Aplicación de defoliantes	Cosecha algodón
2016	14,2	92,3	6,2	10,9
2017	13,0	101,1	6,4	10,2
2018	13,7	108,5	6,1	9,9
2019	0,0	20,2	5,9	8,2
2020	0,0	22,2	6,7	8,7
2021	0,0	21,3	5,8	8,4

En el consumo registrado en el periodo vegetativo de la planta destaca la reducción de los costes vinculados a la fertilización, a la significativa reducción del número de pases con cultivador y a las facilidades y mejoras introducidas en la mecanización en la recolección del cultivo.

El hecho de que la aplicación de los fertilizantes en el riego por goteo se realice aprovechando el sistema presurizado de distribución de agua y que el número de pases de cultivador se reduzca de 10 a 3 labores explica la consiguiente disminución de consumos y costes de maquinaria en el riego por goteo.

La fertirrigación es una técnica que permite aportar de forma conjunta el agua de riego y los fertilizantes que necesitan los cultivos y requiere de las instalaciones necesarias de distribución del agua a presión (riego por goteo localizado en el riego del algodón) y del sistema de dosificación adecuado. Este sistema de aplicación permitiría la posibilidad de que cada explotación decida la dosis de fertilizante adecuada para cada cultivo y estado

fisiológico. Para esto es necesario implementar acciones de formación y capacitación de los regantes.

La siguiente Tabla 5.15 expresa el total del consumo de combustibles (kg/ha) correspondientes a las labores agrícolas en el cultivo del algodón en regadío en cada campaña donde se puede apreciar la significativa reducción el volumen de combustibles empleados con la transformación en riego por goteo.

Tabla 5.15 Consumo de combustibles (kg/ha) en 2016/2021 (Elaboración propia, 2022)

Campaña	Consumo de Combustibles (kg/ha)
2016	206,9
2017	207,2
2018	216,5
2019	93,6
2020	101,5
2021	97,4

El consumo medio en el cultivo del algodón riego por inundación ha sido de 210,15 kg/ha, mientras que el consumo medio en el cultivo del algodón riego por goteo es de 97,45 kg/ha. Independientemente del ahorro de coste a nivel global que entrañan estas cifras, este hecho representa una ventaja a largo plazo en el uso de combustibles fósiles en la agricultura uzbeka.

Los valores de las Tablas 5.13, 5.14 y 5.15 podemos expresarlos en unidades monetarias (uzs) empleando el precio unitario correspondiente a cada una de las campañas. Estos datos nos pueden permitir visualizar de forma más sencilla el peso de este insumo en el conjunto de los costes de producción dedicados al cultivo del algodón en regadío en esta región.

Tabla 5.16 Consumo de combustibles (uzs/ha) en el periodo de pre-siembra y siembra 2016/2021 (Elaboración propia, 2022)

Campaña	Arado	Cultivador chisel	Aplicación de fertilizantes	Nivelación	Preparación del suelo para la siembra	Siembra
2016	155,16	45,29	10,76	52,91	77,13	32,29
2017	156,00	47,00	10,50	56,00	78,00	35,00
2018	183,68	50,40	12,32	62,72	91,84	37,52
2019	154,66	45,17	15,39	44,97	89,77	46,84
2020	185,20	54,96	20,33	54,96	109,92	55,71
2021	193,00	59,06	25,79	57,40	113,97	65,72

Tabla 5.17 Consumo de combustibles (uzs/ha) en el periodo vegetativo 2016/2021 (Elaboración propia, 2022)

Campaña	Aplicación de fertilizantes	Tareas de cultivo	Aplicación de defoliantes	Cosecha algodón
2016	63,68	413,90	27,80	48,88
2017	65,00	505,50	32,00	51,00
2018	76,72	607,60	34,16	55,44
2019	0,0	135,18	39,48	54,87
2020	0,0	167,13	50,44	65,50
2021	0,0	177,19	48,25	69,88

USC UNIVERSIDADE DE SANTIAGO DE COMPOSTELA

Tabla 5.18 Consumo de combustibles (10^3 uzs/ha) en 2016/2021 (Elaboración propia, 2022)

Campaña	Consumo de Combustibles (10^3 uzs/ha)
2016	927,80
2017	1.036,00
2018	1.212,40
2019	626,34
2020	764,14
2021	810,27

Además de contemplar los costes de combustible, también hemos de considerar los servicios externalizados por el uso de la maquinaria, propiedad de cooperativas estatales de servicios, que incluye los costes imputables a la mano de obra de esta maquinaria y al mantenimiento y amortización de estos equipos comunitarios.

Como se comentó anteriormente, a partir de la información facilitada por los libros de la gerencia, con el visto bueno de las autoridades gubernamentales de la provincia, hemos distinguido los trabajos de preparación del suelo agrícola antes de la siembra y los trabajos que se ejecutan durante el crecimiento del cultivo hasta su recolección.

En la Tabla 5.19 y en la Tabla 5.20 se recoge el costo de los servicios prestados por la cooperativa provincial de gestión de maquinaria, expresado en miles de uzs por hectárea cultivada con algodón en regadío en el período 2016/2021 en las labores de preparación de los suelos para la siembra y siembra y en las labores vinculadas al periodo vegetativo.

Tabla 5.19 Costes de maquinaria (10^3 uzs/ha) en el periodo de pre-siembra y siembra 2016/2021 (Elaboración propia, 2022)

Campaña	Arado	Cultivador chisel	Aplicación de fertilizantes	Nivelación	Preparación del suelo para la siembra	Siembra
2016	242,48	133,19	22,64	133,19	166,82	40,09
2017	270,36	148,52	25,23	148,52	186,01	44,70
2018	302,80	166,34	28,26	166,34	208,33	50,06
2019	263,08	144,90	31,21	179,25	190,84	55,29
2020	295,96	162,53	35,12	201,66	214,70	62,20
2021	327,04	179,60	38,80	222,83	237,24	68,74

En el periodo vegetativo destaca la reducción de costes vinculados a la aplicación de fertilizantes y a la significativa reducción del número de pases con cultivador o de chisel en el mantenimiento de los terrenos libres de malas hierbas, así como la eliminación de las tareas de cada operación de riego en campo. Las mejoras introducidas en las tareas de nivelación de los suelos agrícolas (principalmente con tecnología láser) y en la recolección del cultivo, aunque representen un menor consumo de combustibles no significan un ahorro en la prestación de los servicios.

Tabla 5.20 Costes de maquinaria (10^3 uzs/ha) en el periodo vegetativo 2016/2021 (Elaboración propia, 2022)

Campaña	Aplicación de fertilizantes	Tareas de cultivo	Aplicación de defoliantes	Cosecha algodón
2016	18,70	483,65	45,25	18,75
2017	20,90	539,27	50,45	20,90
2018	23,41	603,98	56,51	23,41
2019	0,00	166,34	62,26	25,79
2020	0,00	187,14	70,04	29,02
2021	0,00	207,31	77,59	32,15

Después de cada riego por superficie, se realiza un pase de chisel o discos para favorecer la nivelación y el desplazamiento del agua en la finca y evitar encharcamientos. Entre cada riego es necesario dar un pase en el terreno entre hileras. En caso contrario, la humedad del suelo se evapora en exceso lo que hace que la planta se agriete. Otra consecuencia es que las raíces se dañan y aumenta la probabilidad de contraer la enfermedad de la marchitez, lo que afecta negativamente al crecimiento y al desarrollo. En total, en la fase vegetativa se realiza una media de 9-10 pases en riego por inundación frente a 5 pases en riego por goteo.

La siguiente Tabla 5.21 expresa el conjunto del coste imputado en la contabilidad anual a los servicios externalizados en el parque de maquinaria agrícola.

Tabla 5.21 Costes de maquinaria (10^3 uzs/ha) en 2016/2021 (Elaboración propia, 2022)

Campaña	Consumo de Combustibles
2016	**1.304,82**
2017	**1.454,86**
2018	**1.629,45**
2019	**1.118,96**
2020	**1.258,37**
2021	**1.391,30**

Resulta interesante apreciar que la variación en el coste medio por campaña y hectárea cultivada de esta importante componente del coste responde más a la inflación anual en la República de Uzbekistán que a las condiciones intrínsecas de las labores agrarias mecanizadas realizadas de diferente manera según los sistemas de distribución del agua de riego (a manta o a presión). También es importante considerar que los precios establecidos por estos servicios responden a consideraciones administrativas centralizadas y no a consideraciones económicas o de mercado. El coste medio por los servicios externos prestados en el cultivo del algodón mediante el riego por inundación ha sido de 1.457.040 uzs por hectárea en el periodo 2016/2018, mientras que este valor para el cultivo del algodón en riego por goteo para el periodo 2019/2021 es de 1.251.260 uzs por hectárea.

Tabla 5.22 Costes de mano de obra en Rustam Fayz en el cultivo de algodón en regadío 2016/2021 (Elaboración propia, 2022)

Concepto	Campaña	Coste	
		10^3 uzs/ha	10^3 uzs/tn
Manutención y alojamiento	2016	264,13	99,60
	2017	294,51	122,87
	2018	329,85	132,63
	2019	394,17	99,04
	2020	443,44	101,24
	2021	490,00	116,83
Despunte algodón	2016	80,08	30,20
	2017	89,29	37,25
	2018	100,00	40,21
	2019	0,00	0,00
	2020	0,00	0,00
	2021	0,00	0,00
Salarios	2016	2.136,98	805,80
	2017	2.382,73	994,05
	2018	2.668,66	1.073,04
	2019	5.060,91	1.271,59
	2020	5.693,52	1.299,89
	2021	6.291,34	1.500,08

USC UNIVERSIDADE DE SANTIAGO DE COMPOSTELA

En la Tabla 5.22 anterior se recogen los datos relativos al coste de la mano de obra donde se aprecia que la evolución de la masa salarial y de los costes asociados no se ve influida directamente por la tecnología de riego. Aunque se realicen tareas diferentes en función del manejo de los cultivos, sigue siendo necesario un número significativo de trabajadores fijos y temporales en la explotación.

Los datos anuales proporcionados cada campaña por la gerencia de la explotación se han clasificado tres conceptos generales en función de la información disponible y para facilitar el análisis. La parte principal corresponde al pago de las nóminas y salarios de los trabajadores estables de la explotación y de los trabajadores temporales. En segundo lugar, se contemplan todos los gastos anuales realizados relativos a la manutención y alojamiento en las instalaciones de la granja de una parte de estos trabajadores. Finalmente, se registra el coste de la mano de obra imputable a las labores de despunte, partida diferenciada en los apuntes contables ya que lo realiza personal temporal contratado para esta operación en el riego por superficie.

A pesar de que desaparecen los costes del despunte del algodón, en el riego por goteo, al ser realizados directamente por el personal estable de la explotación, la evolución de este apartado está fuertemente determinada por el incremento del salario mínimo en la República de Uzbekistán registrado en el año 2019. Para alcanzar a comprender el peso de la masa salarial en los costes de producción es importante conocer la evolución de los salarios en Uzbekistán.

Tabla 5.23 Evolución del salario mínimo mensual en Uzbekistán 2016/21 (SCRUS. 2020; ICEX, 2021)

Año	Salario mínimo mensual (uzs)	Salario medio mensual (uzs)
2016	130.240,0	195.360,0
2017	149.775,0	314.527,5
2018	172.240,0	413.376,0
2019	634.880,0	1.714.176,0
2020	710.060,0	2.059.174,0
2021	747.300,0	2.403.350,0

Para finalizar, debemos contemplar una seria de inputs registrados en las hojas de contabilidad facilitadas por el órgano gestor del Gobernador de la provincia que, por su distinta naturaleza o su carácter imprevisto, se agrupan en un apartado que denominamos "Gastos diversos" vinculándolos a la unidad hectárea de cultivo de algodón en regadío.

Tabla 5.24 Gastos diversos asociados a la actividad en la explotación 2016/2021 (Elaboración propia, 2021)

Año	Coste total (10^3 uzs)	Superficie en regadío (ha)	Coste medio (10^3 uzs/hectárea)
2016	116.002,03	156,5	741,227
2017	111.613,06	148,9	749,584
2018	113.514,81	134,2	845,863
2019	18.695,92	21,0	890,282
2020	22.862,09	21,0	1.088,671
2021	26.268,29	21,0	1.250,871

5.2.1 Medida del indicador IPAB

Como elemento de apoyo en este trabajo nos planteamos realizar un análisis tradicional en el ámbito de la economía que considere la relación atemporal entre el nivel de costes de producción y los ingresos obtenidos bajo las dos condiciones de riego definidas previamente.

Con el objetivo de disponer de un indicador sencillo de aplicar que nos permita complementar el análisis de los valores de la EUA obtenidos, en este trabajo definimos un

indicador propio que relacione inputs y outputs para cada campaña de riego. Dicho indicador, que denominamos IPAB (Indicador de Ingresos del Algodón en Bujará) relaciona los valores monetarios de los inputs con los valores monetarios de los ingresos obteniendo una relación para una campaña determinada. De esta forma podemos realizar estudios futuros considerando cualquier variable temporal o local. Este tipo de indicador nos obliga a trabajar con variables coherentes, en este caso uzs/ha en valores reales.

En el desarrollo del IPAB (Indicador de Productividad del Algodón en Bujará), consideramos anualmente 7 inputs, cada uno como agregado de diferentes conceptos, y la producción anual de algodón en regadío (kg/ha).

$$IPAB_n=(\Sigma Costes_n)/(Ingresos_n)$$

donde el subíndice n hace referencia a la dimensión temporal, es decir al año en que se aplica en indicador.

El primer paso en el cálculo del IPAB es la identificación de los valores de las variables que emplearemos relativas al coste de producción y a los ingresos directos generados por el algodón en bruto.

Tabla 5.25 Valores de los costes registrados en la producción de algodón en regadío en Rustam Fayz 2016/2021 (Elaboración propia, 2022)

Concepto	Coste riego por inundación (10^3 uzs/ha)			Coste riego por goteo (10^3 uzs/ha)		
	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Semillas	219,09	237,49	267,78	167,49	185,42	206,88
Fertilizantes minerales	1.128,99	1.246,73	1.405,75	1.405,75	1.156,16	1.482,70
Productos químicos	676,44	754,23	844,74	1.367,98	1.538,97	1.700,57
Combustibles	927,80	1.036,00	1.212,40	626,34	764,14	810,27
Costes de maquinaria	1.304,82	1.454,86	1.629,45	1.118,96	1.258,37	1.391,30
Costes de mano de obra	2.481,19	2.766,53	3.098,51	5.455,08	6.136,96	6.781,34
Gastos diversos	741,22	749,58	845,86	890,28	1.088,67	1.237,31
Total	7.479,56	8.245,42	9.304,49	10.782,30	12.312,08	13.610,37

Resulta muy interesante analizar el comportamiento del costo de producción por hectárea en función del sistema de riego aplicado. Para esto, lo primero es eliminar el efecto de la inflación en los costes y trabajar con precios reales o términos constantes para el periodo considerado y tomando como referencia el año 2021. Para obtener los valores de la tasa de inflación anual en el periodo 2016/2021 hemos recurrido a los datos del State Committee of the Republic of Uzbekistan on Statistics (SCRUS, 2020) y de información obtenida en búsquedas a través de internet (Trading Economics, 2022).

Tabla 5.26 Valores reales de los costes de producción registrados en la producción de algodón en regadío en Rustam Fayz 2016/2021 (Elaboración propia, 2022)

Año	Tasa de Inflación anual	Índice de infracción anual	Inflación acumulada	Tasa de ajuste	Valores Nominales (10^3 uzs/ha)	Valores Reales (10^3 uzs/ha)
2016	11,5%	1,11	108,70%	2,09	7.479,56	15.609,84
2017	12,0%	1,13	88,87%	1,89	8.245,42	15.573,12
2018	12,5%	1,20	67,89%	1,68	9.304,49	15.621,31
2019	19,5%	1,13	40,49%	1,40	10.782,30	15.148,05
2020	12,5%	1,12	24,88%	1,25	12.312,08	15.375,33
2021	10,5%	1,12	11,50%	1,12	13.610,37	15.175,56

USC UNIVERSIDADE DE SANTIAGO DE COMPOSTELA

A pesar de la modificación en la composición de los costes de producción de las diferentes unidades consideradas en los dos tipos de riego, de forma contraria a lo que se puede presuponer, no se aprecia una diferencia significativa entre el coste de producción del algodón en riego por inundación y en riego por goteo.

La paradoja de este resultado reside en que, frente a la suposición común, la mejora en el cambio de sistema de riego no reside en el menor costo de producción, pero sí que se aprecia una mejora substancial de las labores agrícolas evitando trabajos penosos en condiciones muy adversas y favoreciendo el control sobre la producción y permitiendo la obtención de fibras de mejor calidad.

La siguiente Tabla 5.27 "Producción de algodón en regadío en Rustam Fayz 2016/2021", con el objetivo de facilitar la discusión, contempla los valores de los parámetros más interesantes: superficie regada, producción obtenida, precio del algodón crudo e ingresos obtenidos.

Tabla 5.27 Producción de algodón en regadío en Rustam Fayz 2016/2021 (Elaboración propia, 2022)

Año	Superficie regada (ha)	Producción algodón (tn)	Precio oficial (uzs/kg)	Ingresos (10^3 uzs/ha)
2016	156,5	415,04	2.921	7.746,5
2017	148,9	356,91	3.552	8.514,1
2018	134,2	333,76	3.849	9.572,5
2019	21,0	83,58	3.884	15.457,3
2020	21,0	91,98	4.369	19.137,2
2021	21,0	88,07	4.828	20.248,6

De la misma forma que realizamos la comparación de los costes de producción del algodón en valores reales, es interesante hacer el mismo análisis en el caso de los ingresos recordando que trabajamos con valores de ingresos por hectárea.

Tabla 5.28 Ingresos en valor real de la producción de algodón en regadío en Rustam Fayz 2016/2021 (Elaboración propia, 2022)

Año	Tasa de Inflación anual	Índice de infracción anual	Inflación acumulada	Tasa de ajuste	Valores Nominales (10^3 uzs/ha)	Valores Reales (10^3 uzs/ha)
2016	11,5%	1,11	108,70%	2,09	7.746,5	16.166,95
2017	12,0%	1,13	88,87%	1,89	8.514,1	16.080,58
2018	12,5%	1,20	67,89%	1,68	9.572,5	16.071,27
2019	19,5%	1,13	40,49%	1,40	15.457,30	21.715,96
2020	12,5%	1,12	24,88%	1,25	19.137,20	23.898,54
2021	10,5%	1,12	11,50%	1,12	20.248,60	22.577,19

A diferencia del comportamiento de los costes de producción, al observar los ingresos se aprecia una clara diferencia entre los dos sistemas de riego empleados. El ingreso medio en el cultivo del algodón mediante el riego por inundación ha sido de 13.693,77 miles de uzs por hectárea en el periodo 2016/2018, mientras que este valor para el cultivo del algodón en riego por goteo para el periodo 2019/2021 es de 22.712,94 miles de uzs por hectárea.

Este resultado está vinculado directamente al incremento del rendimiento del cultivo observado en el riego por goteo y no a evoluciones del precio del kg del algodón bruto en la República de Uzbekistán. Mientras se puede apreciar un incremento medio del rendimiento del 66,61% con la transformación del sistema de riego en el cultivo del algodón, los precios no han sufrido variaciones, en términos reales, en los últimos años.

Tabla 5.29 Evolución del rendimiento y de los precios del algodón bruto Rustam Fayz 2016/2021 (Elaboración propia, 2022)

Campaña	Producción media (kg/ha)	Precio algodón (uzs/kg)	
		Valores Nominales	Valores Reales
2016	2.652	2.921	6.096,13
2017	2.397	3.552	6.708,66
2018	2.487	3.849	6.462,09
2019	3.980	3.884	5.456,63
2020	4.380	4.369	5.456,01
2021	4.194	4.828	5.383,22

Yo quiero comentar que el precio por tonelada de algodón lo fija la autoridad provincial, que es el órgano único de compra, procesado y de exportación, de la misma forma que asigna las cuotas y las variedades en cada campaña para cada explotación registrada. El precio de mercado del algodón se mantiene con pequeñas variaciones desde su desplome en el año 2019 después de alcanzar en 2012 precios históricos.

A partir de estos valores obtenidos para la explotación piloto Rustam Fayz, podemos calcular en valor del IPB para cada una de las campañas y comentar la evolución. Así desde el valor obtenido para los datos de la campaña 2016, el $IPAB_{2016}$ alcanza un valor de 0,966. Esto representa que, para obtener un ingreso de 1 uzs, hemos tenido que gastar 0,966 uzs en el cultivo del algodón en regadío en la explotación, lo que significa un beneficio de 266.940 uzs por hectárea en valores nominales del año 2016.

Tabla 5.30 Valores obtenidos para el indicador IPAB 2016/2021 (Elaboración propia, 2022)

Año	Costes anuales medios (10^3 uzs/ha)	Ingresos medios anuales (10^3 uzs/ha)	IPAB
2016	7.479,56	7.746,49	0,966
2017	8.245,42	8.514,14	0,968
2018	9.304,49	9.572,46	0,972
2019	10.782,30	15.457,33	0,698
2020	12.312,08	19.137,18	0,643
2021	13.610,37	20.248,59	0,672

El $IPAB_{2021}$, correspondiente a los datos obtenidos para la campaña 2021 en la explotación Rustam Fayz, alcanza un valor de 0,672. Este valor representa que por cada 1 uzs ingresado como consecuencia del desarrollo del cultivo del algodón crudo hemos necesitado gastar 0,672 uzs. Esto representa un beneficio de 6.638.220 uzs por hectárea en valores nominales del año 2021.

Tabla 5.31 Valor de IPB con valores reales en Rustam Fayz 2016/2021 (Elaboración propia, 2022)

Año	Costes de producción medios anuales (10^3 uzs/ha)		Ingresos medios anuales (10^3 uzs/ha)		IPAB corregido a precios constantes
	Valores Nominales	Valores Reales	Valores Nominales	Valores Reales	
2016	7.479,56	15.609,84	7.746,5	16.166,95	0,966
2017	8.245,42	15.573,12	8.514,1	16.080,58	0,968
2018	9.304,49	15.621,31	9.572,5	16.071,27	0,972
2019	10.782,30	15.148,05	15.457,30	21.715,96	0,698
2020	12.312,08	15.375,33	19.137,20	23.898,54	0,643
2021	13.610,37	15.175,56	20.248,60	22.577,19	0,672

USC UNIVERSIDADE DE SANTIAGO DE COMPOSTELA

Dado que la correlación entre los valores nominales y los valores reales es la tasa de inflación acumulada en el periodo considerado para cada una de las campañas, los valores obtenidos de IPAB deben coincidir independientemente de la naturaleza de los datos empleados (Boardman y otros, 2000).

Esta correlación entre los valores nominales (temporales) y los valores reales (eliminada la influencia de la inflación anual) resulta sumamente útil ya que nos permite, además de realizar análisis para una campaña concreta, abordar estudios temporales.

El valor de la IPAB obtenido en el riego por inundación en la explotación piloto varía entre 0,966 y 0,972 para el periodo 2016/2018. La IPAB presenta valores muy uniformes con un valor medio de 0,969 y una desviación estándar de 0,002.

En el caso de riego a presión localizado mediante goteros integrados, el valor del indicador IPAB en la explotación piloto varía entre 0,643 y 0,698 para el periodo 2019/2021. Los valores obtenidos en estas condiciones presentan un valor medio de 0,671 y una desviación estándar de 0,017.

Los valores obtenidos en la explotación piloto, con dos sistemas de riego diferentes, son significativos y nos permiten obtener bastantes elementos de discusión. Si comparamos únicamente los valores medios, 0,969 para riego por inundación y 0,671 para riego por goteo, apreciamos que, por cada unidad monetaria ingresada, los costes de producción para obtenerla se reducir en un porcentaje superior al 30%.

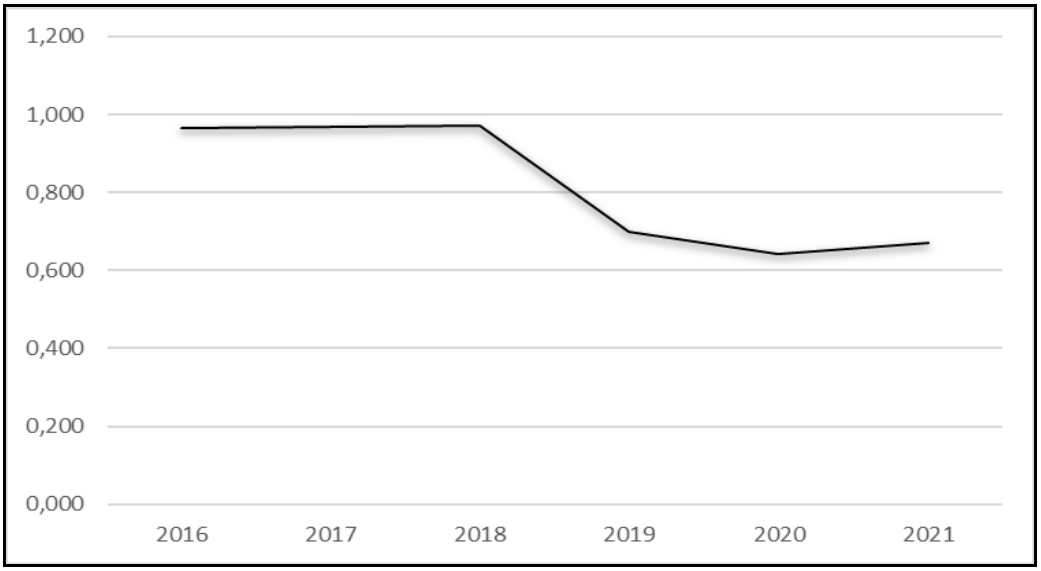


Figura 5.5 Variación temporal del valor de IPAB 2016/2021 en Rustam Fayz (Elaboración propia, 2022)

En un siguiente paso podemos relacionar estos valores con los beneficios obtenidos en el cultivo del algodón. El beneficio medio por hectárea, medido en valores reales o constantes, varió desde los 504.840 uzs por hectárea en el periodo 2016/2018 correspondiente al riego por superficie hasta el valor medio de 7.497.580 uzs por hectárea en el periodo 2019/2021 correspondiente al riego por goteo.

La relación entre los beneficios correspondientes a los dos sistemas de riego es 1/14,85 muy superior a la relación establecida entre los valores del IPAB. Esto se explica por el incremento experimentado por los rendimientos obtenidos.

Tabla 5.32 Valor de IPB en términos reales en Rustam Fayz 2016/2021 (Elaboración propia, 2022)

Año	Valores Nominales (10^3 uzs/ha)			Valores Reales (10^3 uzs/ha)		
	Costes de producción medios anuales	Ingresos medios anuales	Beneficio	Costes de producción medios anuales	Ingresos medios anuales	Beneficio
2016	7.479,56	7.746,49	266,94	15.609,84	16.166,95	557,11
2017	8.245,42	8.514,14	268,72	15.573,12	16.080,58	507,46
2018	9.304,49	9.572,46	267,97	15.621,31	16.071,27	449,96
2019	10.782,30	15.457,33	4.675,02	15.148,05	21.715,96	6.567,91
2020	12.312,08	19.137,18	6.825,10	15.375,33	23.898,54	8.523,21
2021	13.610,37	20.248,59	6.638,22	15.175,56	22.577,19	7.401,63

La correlación lineal entre los valores nominales y los valores reales del indicador IPAB no se mantiene al analizar la evolución de los beneficios obtenidos por hectárea (Boardman y otros, 2000), entendiendo beneficio como diferencia de ingresos y gastos.

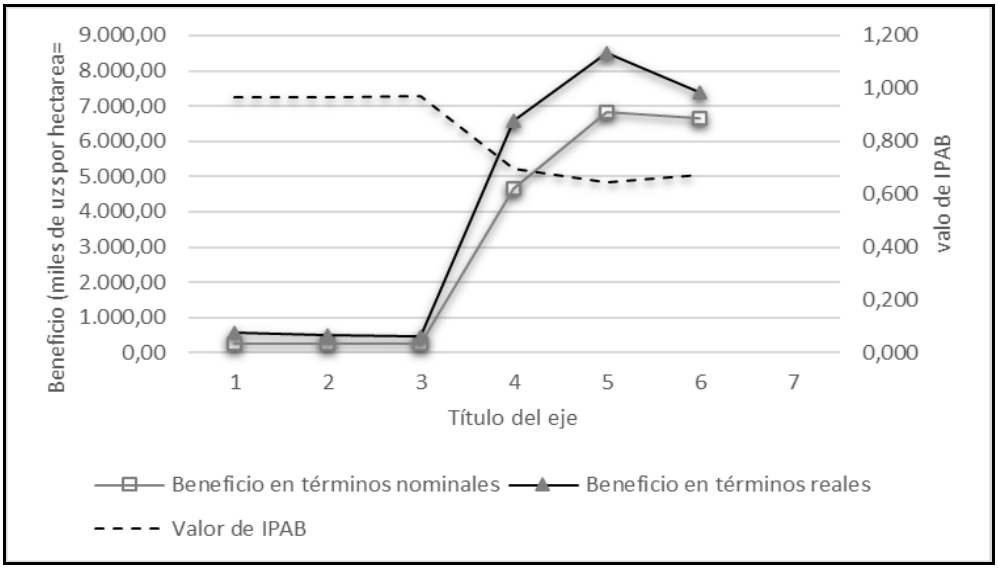


Figura 5.6 Evolución de los beneficios en términos nominales y reales en función del valor de IPAB en el período 2016/2021 en Rustam Fayz (Elaboración propia, 2022)

Tal y como ya he indicado, el uso del indicador IPAB nos permitirá estudiar la relación entre costes e ingresos haciendo consideraciones de diferente naturaleza e introduciendo nuevas variables como por ejemplo los costes directos de la transformación del sistema de riego o la repercusión de los costes del agua, considerándolo como un input más en la explotación.

Si queremos introducir los costes derivados de las instalaciones del riego por goteo podemos recurrir a datos bibliográficos, a datos facilitados por organismos gubernamentales (MAWR, 2020) o, en última instancia, a los datos registrados en 2019 en la explotación Rustam Fayz.

En este contexto, en el año 2018 el Ministerio de Agricultura y de los Recursos Hídricos (MAWR) aprueba ayuda financiera para la ejecución de la mejora y modernización del regadío de 21 hectáreas destinadas al cultivo de algodón en la explotación Rustam Fayz. Las obras de mejora afectaron a la red de distribución del agua y la modernización afectó al sistema de riego empleado.

Las obras en Rustam Fayz fueron realizadas completamente en el año 2019 y consistieron en la instalación del riego localizado a presión por goteo, A pesar de que la instalación tiene

capacidad para realizar el riego en un total de 134 hectáreas, operativamente solo se dispone de riego en tres sectores (cada uno de ellos con una extensión de 7 hectáreas). El diseño de la red de riego ejecutado en Rustam Fayz consiste en una instalación de riego por goteo en superficie con tuberías portagoteros dispuestas entre cada dos líneas de planta con goteros integrados de 0,5 l/h espaciados 1 m.

Figura 5.7 Obras de mejora del regadío en Uzbekistán (Elaboración propia, 2022)

La inversión final de estas instalaciones alcanzó los 19.604.478 uzs por hectárea, a precios de 2019. Debido a la inexistencia de industrial nacional en el sector, y a través de un convenio de colaboración, el origen de la tecnología de riego por goteo empleada corresponde a empresas del estado de Israel y, las tuberías subterráneas fueron fabricadas y exportadas por empresas de Turquía. Según los programas aprobados en el Ministerio de Agricultura y de los Recursos Hídricos (MAWR) se calcula un periodo de amortización de 5 años para todas las instalaciones y equipamientos dadas las condiciones de trabajo que condicionan la vida útil de los mismos.

En la siguiente tabla recalculamos el IPAB considerando entre los costes de producción la amortización de las instalaciones, siempre valores reales, en el periodo correspondiente al riego por goteo.

Tabla 5.33 Valores obtenidos (10^3 uzs/ha) para el indicador IPAB 2016/2021 considerando la amortización de los costes de la mejora del regadío (Elaboración propia, 2022)

Año	Costes anuales medios en términos reales	Amortización anual de la instalación de riego por goteo	Costes anuales medios totales	Ingresos medios anuales en términos reales	IPAB
2016	15.609,84	-	15.609,84	16.166,95	0,966
2017	15.573,12	-	15.573,12	16.080,58	0,968
2018	15.621,31	-	15.621,31	16.071,27	0,972
2019	15.148,05	3.921	19.069,05	21.715,96	0,878
2020	15.375,33	4.685	20.060,33	23.898,54	0,839
2021	15.175,56	5.272	20.447,56	22.577,19	0,906

Los valores del IPAB siguen siendo inferiores a 1 y están por debajo de los índices del riego por inundación. Al introducir los costes derivados de la transformación, el valor del indicador IPAB en la explotación piloto varía entre 0,839 y 0,906 para el periodo 2019/2021. Los valores

obtenidos en estas condiciones se acercan a los correspondientes al riego por inundación, con un valor medio de 0,874 y una desviación estándar de 0,021. Los beneficios por hectárea se reducen a los 2.121 uzs/ha de 2021 y el máximo de 3.838 uzs/ha de 2019.

De una forma análoga podemos realizar análisis con la introducción de diferentes variables. Una de las más interesantes es el coste del agua considerándolo como un activo económico dotado de un precio de mercado. La asignación de un valor económico al uso del agua resulta un elemento clave para alcanzar pautas correctas de gestión, pero, a su vez, es altamente complicado. La razón está en que es el estado el órgano que asume todos los gastos de la captación y distribución del agua sin que exista una contabilidad específica para este apartado. Esto significa que, excepto unas tasas que pagan todas las explotaciones por el uso de suelo agrícola, en función de la superficie, en la práctica no se tasa el agua de ninguna forma a pesar de la existencia de regulaciones en este sentido.

Además, al referirnos a la mejora y modernización del regadío o a la introducción de nuevas tecnologías que favorezcan el ahorro de agua en la agricultura, tenemos que contemplar también las subvenciones y apoyos financieros aprobados en el Decreto del Presidente de la República de Uzbekistán "*Sobre medidas para el uso eficiente de la tierra y los recursos hídricos en la agricultura*" (NAPM, 2020) de 2019. Con cargo al presupuesto estatal de la República de Uzbekistán, a los productores de algodón crudo que decidan introducir tecnologías de riego por goteo se les otorgarán ayudas directas, ayudas sobre los intereses sobre los préstamos y facilidades para la importación de tecnología y equipamientos.

Al comprobar la resistencia de los agricultores a asumir inversiones, se estudia la introducción de medidas que graven el uso del agua, de forma más intensiva a los agricultores menos eficientes en su uso. Por eso se estudia incentivar el ahorro del agua mediante el establecimiento de una cuota de 300 uzs/m^3 en las explotaciones con riego tradicional a manta o inundación y de 50 uzs/m^3 en aquellas explotaciones con tecnologías modernas que permitan el ahorro del agua. Entre estas tecnologías también se contempla la nivelación por láser, el uso de acolchados plásticos en el riego por inundación y el riego a presión (goteo y aspersión). Independientemente de que se apruebe esta línea o de su dificultad para materializarla dada la complejidad administrativa y social, así como el hecho de que no existan aforadores o contadores de agua que proporcionen datos confiables en las explotaciones, podemos aplicar nuestros valores del IPAB contemplando esta nueva variable.

Anteriormente hemos calculado que la lámina media anual correspondiente al riego por inundación en el periodo de estudio 2016/2018 es de 7.472,7 m^3/hectárea y que la lámina media anual aplicada en riego por goteo es de 4.054,72 m^3/hectárea para el periodo 2019/2021. Con estos valores podemos calcular el coste del agua medio para cada tipo de riego empleado.

Tabla 5.34 Sobrecoste por el uso de agua (Elaboración propia, 2022)

Año	Dosis media anual de riego (m^3/ha)	**Sobrecoste por el uso de agua** (uzs/m^3)	**Sobrecoste por el uso de agua** (10^3 uzs/ha)
2016	7.472,7	300	2.241,81
2017			
2018			
2019	4.054,72	50	202,74
2020			
2021			

USC UNIVERSIDADE DE SANTIAGO DE COMPOSTELA

Tabla 5.35 Beneficio medio en términos reales considerando la tasa sobre el uso del agua (10^3 uzs/ha) **(Elaboración propia, 2022)**

Año	Costes anuales medios	Coste anual del uso de agua	Costes anuales medios totales	Ingresos medios anuales	Beneficio medio
2016	15.609,84	4.678,66	20.288,50	16.166,95	-4.121,55
2017	15.573,12	4.234,11	19.807,23	16.080,58	-3.726,65
2018	15.621,31	3.763,77	19.385,08	16.071,27	-3.313,81
2019	15.148,05	284,83	15.432,88	21.715,96	6.283,08
2020	15.375,33	253,18	15.628,51	23.898,54	8.270,03
2021	15.175,56	226,06	15.401,62	22.577,19	7.175,57

A la vista de los resultados, parece que la medida propuesta es inasumible económicamente por las explotaciones en riego a manta. A pesar de que la discusión sobre la necesidad de tarifar el uso del agua es muy interesante y puede representar una herramienta muy vigorosa para incentivar el ahorro de agua en la agricultura, en la realidad socioeconómica de este país puede tener efectos muy profundos en las estructuras productivas del sector. Diferentes autores (Abdullaev y Rakhmatullaev, 2015; Rahimov, 2010) opinan que es necesario disponer de elementos de medida de los volúmenes entregados y de aforadores para poder implicar y responsabilizar a las Asociaciones de usuarios de agua (WUAs) y establecer medidas que representen incentivos al consumo. Según Neira y otros (2005), las medidas más importantes para el ahorro del agua en el riego por superficie son, entre otras, el establecimiento de calendarios de riego realistas calculados en función de datos climatológicos y de suelo, la optimización de las dosis aplicadas mediante el correcto dimensionamiento de los canteros y la aplicación del riego a pulsos, la capacitación y formación de los regantes, la generalización de la nivelación por láser y la diversificación y rotación en los cultivos.

Un elemento de discusión interesantísimo, pero que excede los objetivos de este trabajo, radica en la necesidad de trasladar, de alguna forma, los costes del agua y de la energía que asume el estado uzbeko. En recientes declaraciones, el portavoz del Ministerio de Agricultura y Recursos Hídricos (MAWR, 2020) indicaba que se gastan anualmente 8.000 millones de kilovatios-hora de electricidad y 2,4 billones de soums de fondos presupuestarios para asegurar el funcionamiento de más de 5.000 grupos de bombeo necesarios para garantizar el riego de 2,5 millones de hectáreas de tierra en todo el país. Así mismo, publicaba que el gasto medio asociado al suministro de agua mediante bombas es de 800.000 soums por hectárea que salen directamente de los presupuestos del del presupuesto estatal de la República de Uzbekistán.

El indudable peso de la demanda de recursos hídricos del sector agrario, con importantes costes financieros y energéticos, es una realidad indiscutible. Pero, a pesar de esto, según el autor de esta tesis (Rahimov y Yavmutov, 2019), para lograr una gobernanza eficiente y justa de los recursos hídricos en la cuenca es necesario implicar a los sectores consumidores (agricultura y ganadería, usos domésticos y usos industriales) a través de las WUAS en la toma de decisiones, en la gestión del recurso y responsabilizándolos en el coste financiero y energético.

5.3 DEFINICIÓN DE LOS ESCENARIOS

A partir de las extrapolaciones realizadas en este apartado para cada uno de los diferentes escenarios definidos, podemos disponer de un marco de referencia para proponer elementos de discusión y reflexión sobre la gestión del agua en el cultivo del algodón en Bujará. Los resultados obtenidos en el diagnóstico de los escenarios nos introducen en la discusión sobre la oportunidad y el alcance de la introducción del riego por goteo como una tecnología de ahorro de agua apoyándonos en los resultados obtenidos de EUA y de IPAB en este trabajo.

Antes de iniciar esta discusión, para mí es importante definir un elemento de partida en el que podemos no reparar. Un error de análisis que se puede producir al estudiar esta área geográfica es concluir que la región tiene escasez de agua en términos absolutos a causa de la aridez de su clima, de su paisaje seco, de la presencia de extensos desiertos y del escaso caudal de los ríos. El autor de esta tesis recoge en diferentes trabajos (Rahimov y otros, 2020a; Rahimov, 2010; Rahimov y Abdughaniyev, 2009) que es la gestión ineficiente lo que impide la disponibilidad y conservación del agua ya que en esta zona la relación entre los recursos hídricos y la población existente es, paradójicamente, mayor que en otras áreas. El agua dulce per cápita en el río Amu Darya es de 2.087 metros cúbicos y en el río Sir Darya llega a 1.744 m^3 (United Nations, 2020). Estos son valores muy por encima de las definiciones de las Naciones Unidas de sequía: 1.000 m^3/habitante constituye una escasez crónica y 1.700 m^3 una escasez moderada. En comparación, Dinamarca cuenta con 1.128 m^3 de agua por habitante, Alemania 1.878 m^3 y el Reino Unido 2.465 m^3. Ya en el año 2003, Cai y otros indicaban que la situación actual de la gestión del agua en Asia Central es paradójica. El volumen de recursos hídricos parece suficiente para las necesidades y, al mismo tiempo, se manifiesta una significativa escasez de agua de consumo para satisfacer una demanda creciente de los diferentes usos y se alimentan las tensiones entre los países fronterizos.

Con esta consideración, y teniendo en cuenta la necesidad expuesta en este trabajo de conseguir valores de EUA en el cultivo del algodón que nos permita liberar recursos hídricos, financieros y energéticos, se entienden las razones por la que la República de Uzbekistán decide implementar medidas legislativas que permitan introducir nuevas tecnologías que favorezcan el ahorro de agua. Y una de las de mayor alcance es la transformación de la superficie en riego por inundación por superficie en riego localizado, no sólo en esta región sino con una tendencia mundial (Yavmutov y Rahimov, 2020).

Tal y como se ha comentado abundantemente en este trabajo, la evolución en la superficie destinada al cultivo de algodón en Uzbekistán está en continuo retroceso por un conjunto de motivaciones entre las que destaca, como la más importante, la necesidad de obtener otros productos agrarios que satisfagan la necesidad de una población en crecimiento.

Como apreciamos en la siguiente Figura 5.8, dada la existencia de una relación directa entre la superficie del cultivo y el volumen de agua destinado al mismo, la evolución de ambas magnitudes sigue una tendencia similar.

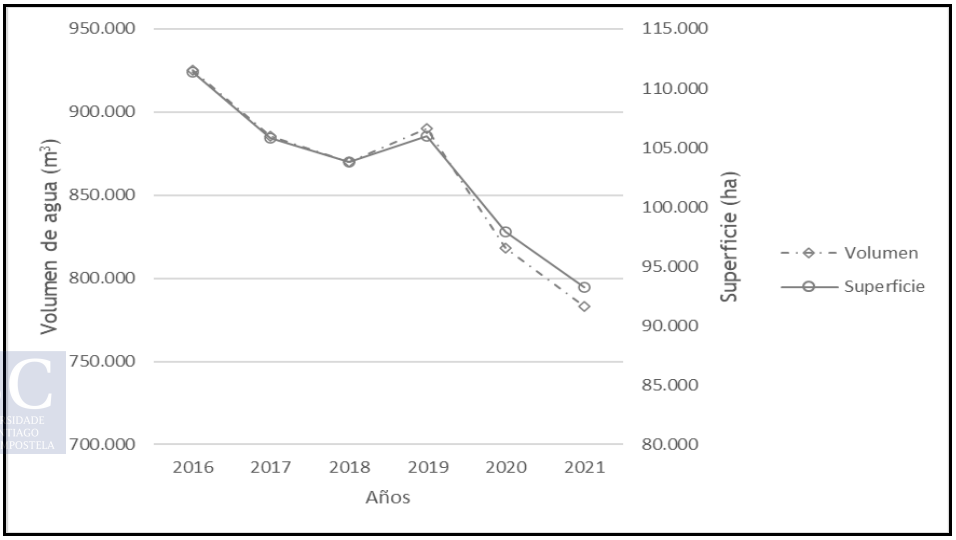


Figura 5.8 Relación entre la superficie en riego de algodón y el volumen de agua destinada al riego del algodón 2016/2021 (Elaboración propia, 2022)

Esta relación lógica entre la superficie en algodón en regadío y los recursos hídricos destinados al riego en el periodo estudiado se aprecia también en la Tabla 5.36

Tabla 5.36 Recursos destinados al cultivo del algodón en Bujará 2016/2021 (Elaboración propia, 2022)

	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Superficie (ha)	111.375	105.800	103.800	106.000	97.900	93.280
Volumen (10 m^3)	925.028	885.317	869.893	890.318	818.178	783.010

Junto a este descenso en las cuotas asignadas al cultivo de algodón, dada la necesidad de incrementar otras producciones agrarias nacionales, es necesario hacer mención a las consecuencias en la seguridad alimentaria de Uzbekistán de los dramáticos acontecimientos sociopolíticos acontecidos en este año 2022 y que marcarán el destino de Europa y Asia Central en la próxima década. El flujo de las importaciones de cereales y semillas oleaginosas, principalmente trigo, cebada y girasol, procedentes de Rusia y de Ucrania se ha reducido significativamente haciendo que se intensifique la necesidad de incrementar la superficie destinada a estos cultivos, en detrimento del algodón. La situación creada nos hace ser conscientes de la fragilidad de los mercados de productos agrarios y de la necesidad de reforzar la seguridad alimentaria de nuestro país.

Esta realidad se combina con dos elementos destacables. El primer elemento son las cada vez mayores tensiones existentes con Kirguizistán y Tayikistán acerca de la regulación de los caudales de la cuenca, ya que estos países son productores de energía hidroeléctrica empleando el agua que necesita la economía uzbeka. El segundo aspecto que quiero citar son las consecuencias económicas en la balanza de pagos de los descensos en las exportaciones de algodón (causada por la reducción de las superficies y el crecimiento de la industria manufacturera) y de gas natural.

Esta evolución impredecible de la situación me decidió a considerar en la definición de estos tres escenarios hipotéticos el nivel de intensidad de transformación del sistema de riego por inundación en riego por goteo como único elemento diferenciador a pesar de que en el análisis y discusión introduzca numerosos elementos nuevos.

En este apartado he definido tres hipotéticos escenarios posibles con tres hipótesis diferentes: optimista o favorable, medio y pesimista o desfavorable. En los tres escenarios trabajaremos con la superficie destinada a algodón en el año 2021 al desconocer el dato correspondiente al 2022.

Para la realización y discusión de los diagnósticos de cada escenario consideraremos las dosis medias empleadas en el riego por inundación, las dosis medias empleadas en el riego por goteo, las producciones medias obtenidas en el riego por inundación y en el riego por goteo y los valores medios de la EUAi y de la EUAg.

Tabla 5.37 Valores medios de los parámetros obtenidos en la explotación piloto 2016/2021 (Elaboración propia, 2022)

Sistema de riego	Dosis media aplicada (m^3)	Producción media (m^3/ha)	EUA media (kg/m^3)
Por inundación	7.472,7	2.512	0,34
Por goteo	4.054,7	4.185	1,03

USC UNIVERSIDADE DE SANTIAGO

En un contexto de reducción de la superficie del cultivo del algodón, en favor de otras producciones, en lugar de asignar los cupos a las explotaciones por superficies, estos se establecen en base a producciones esperadas. Por lo tanto, una vez definidas las superficies objetivo de transformación correspondientes a cada uno de los tres escenarios, establecemos una producción anual esperada para esa superficie. Coherentemente con la tendencia en la

asignación de cupos, para el cálculo de la producción supondremos que el riego se realiza por medios tradicionales y, mediante los valores de EUA calculados, obtener los volúmenes de agua necesarios.

Para realizar el cálculo de la repercusión económica en el conjunto de la superficie transformada, podemos utilizar los valores medios del beneficio obtenido por hectárea de cultivo, siempre empleando términos reales, y los costes de la transformación en regadío.

Tabla 5.38 Beneficio en términos reales en Rustam Fayz 2016/2021 (Elaboración propia, 2022)

Año	Valores Reales (10^3 uzs/ha)		
	Costes de producción medios anuales	Ingresos medios anuales	Beneficio
2016	15.609,84	16.166,95	557,11
2017	15.573,12	16.080,58	507,46
2018	15.621,31	16.071,27	449,96
2019	15.148,05	21.715,96	6.567,91
2020	15.375,33	23.898,54	8.523,21
2021	15.175,56	22.577,19	7.401,63

La inversión final en Rustam Fayz alcanzó los 19.604.478 uzs por hectárea, a precios de 2019, lo que transformado en precios reales equivale a 29.123.126 uzs por hectárea puesta en riego por goteo. Estos datos coinciden con las estimaciones del Ministerio Agricultura y Recursos Hídricos de la República de Uzbekistán (MAWR, 2020) que cifra el coste por hectárea en 18,5 millones de uzs.

La metodología que seguiremos en los tres escenarios consiste en calcular el volumen medio de agua necesario para el riego por goteo, en una campaña simulada, para obtener una producción total de algodón crudo equivalente a la producida en la superficie objetivo de transformación.

5.3.1. Diagnóstico de los tres escenarios

Hemos definido previamente el Escenario 1 (optimista o favorable) como aquel en el que la trasformación del sistema de riego alcance el 30% de la superficie destinada al cultivo del algodón en el año 2021. Una vez definida la superficie objetivo, tenemos que establecer la producción anual deseada.

Tabla 5.39 Objetivo Escenario 1 (Elaboración propia, 2022)

Distrito	Superficie en riego por inundación en 2021 (ha)	Superficie Objetivo (ha)	Producción Objetivo (kg)
Bukhara	7.720	2.316,0	5.817.792
Gijduvon	9.505	2.851,5	7.162.968
Jondor	10.625	3.187,5	8.007.000
Kogon	6.890	2.067,0	5.192.304
Karakul	8.145	2.443,5	6.138.072
Karaulbazar	6.010	1.803,0	4.529.136
Alat	7.890	2.367,0	5.945.904
Peshku	8.600	2.580,0	6.480.960
Romitan	10.220	3.066,0	7.701.792
Shafirkan	8.995	2.698,5	6.778.632
Vobkent	8.610	2.583,0	6.488.496
Bukhara city	70	21,0	52.752
Total provincia	93.280	27.984,0	70.295.808

USC UNIVERSIDADE DE SANTIAGO DE COMPOSTELA

Si partimos de la producción media por hectárea en riego tradicional, 2.512 kg/ha, podemos determinar la producción total deseada que queremos obtener en riego por goteo en el Escenario 1.

A partir de los datos recogidos en la anterior Tabla 5.37 "Valores medios de los parámetros obtenidos en la explotación piloto 2016/2021", podemos operar para obtener el valor de los volúmenes de agua necesarios para la obtención de esta producción en riego por inundación y en riego por goteo partiendo de los datos de EUA obtenidos en la explotación piloto.

Tabla 5.40 Volumen de agua Escenario 1 (Elaboración propia, 2022)

Provincia	Producción Objetivo (kg)	Agua necesaria en riego por inundación (m^3)	Agua necesaria en riego por goteo (m^3)	Diferencia (m^3)
Bujará	70.295.808	206.752.376	68.248.357	138.504.019

A partir de estas estimaciones podemos visualizar el significado de ahorrar 138,5 hm^3, que representa el 17,69 % del agua destinada al cultivo del algodón en toda la provincia de Bujará en 2021 o el casi el 50 % de las pérdidas de agua en la red de canales de distribución en Bujará.

El coste medio directo calculado para transformar 27.984 hectáreas en riego por goteo asciende a 814.982 millones de uzs, siempre en valores reales para permitir el análisis temporal, de los que 407.491 millones de uzs debe ser financiado por los agricultores. Esta cantidad debería ser fácilmente asumible para el sector a la vista del incremento en los beneficios por la puesta en riego localizado, 195.684 millones de uzs en toda la superficie. Máxime si tenemos en consideración las subvenciones a fondo perdido de 8 millones de uzs por hectárea, que representa un total de 223.872 millones de soums. Por lo que, independientemente de las ayudas directas a los tipos de interés para el pago de intereses, en este supuesto de transformación de 27.984 hectáreas, el sector haría frente a inversiones de 183.619 millones con expectativas de incrementar los beneficios en 195.685 millones por campaña.

Tabla 5.41 Beneficios medios Escenario 1 (Elaboración propia, 2022)

Riego	Superficie (ha)	Beneficios medios (10^3 uzs/ha)	Beneficios medios (10^3 uzs)	Diferencia (10^3 uzs)
Inundación	27.984,0	504,84	14.127.540	195.684.840
Goteo	27.984,0	7.497,58	209.812.370	

Este es el escenario deseado por el Consejo Supremo de Uzbekistán y plasmado en diferentes iniciativas legislativas (NAPM, 2020) pero que no parece que se vaya a alcanzar al observar los logros perseguidos y las superficies realmente transformadas lo que nos hace reflexionar sobre la existencia de razones que justifiquen este hecho.

Una razón objetiva que explica la imposibilidad de alcanzar este objetivo es que no se dispone de equipamientos suficientes para ejecutar estas instalaciones. Hasta la fecha los materiales y equipos necesarios han sido obtenidos mediante acuerdos estatales de alto nivel con Turquía e Israel. Dados los estrictos controles y contingentación de todas las importaciones que se realizan es muy difícil obtener los materiales necesarios por esta vía. Conscientes de esta problemática, el Gabinete de Ministros de la República de Uzbekistán MAWR, 2021) asume que "*las capacidades de las 13 empresas que producen este tipo de equipos en el país no serán suficientes para cubrir ni siquiera la mitad de la demanda*

proyectada para el próximo año. A este respecto, se ha encomendado a las personas responsables la creación de este tipo de empresas en las regiones de Samarkanda, Tashkent y Namangan".

Otra de las razones que podemos intuir que explica el poco interés de los agricultores por la transformación del sistema de riego es la falta de motivación de los responsables de las explotaciones agrarias en la región que desconocen la nueva tecnología de riego y se resisten a un cambio para el que, a pesar del apoyo financiero, no dispone de asesoría técnica ni de complicidad de los agentes sociales en la necesidad del ahorro de agua.

El Escenario 2, o situación intermedia, exige que se alcance una superficie transformada equivalente al 16% de la superficie destinada al cultivo del algodón en 2021. Para definir este escenario medio partimos de las condiciones establecidas para el año 2021, donde a partir de un censo de 93.280 ha en riego por superficie se fija un objetivo anual de alcanzar las 15.000 ha transformadas de riego por goteo.

La Tabla 5.42 se recoge la situación de partida empleada para definir la hipótesis del escenario medio a partir de los datos disponibles de cada uno de los distritos que forman parte de la provincia de Bujará.

Tabla 5.42 Objetivo Escenario 2 (Elaboración propia, 2022)

Distrito	Superficie en riego por inundación en 2021 (ha)	Superficie Objetivo (ha)	Producción Objetivo (kg)
Bukhara	7.720	1.235,2	3.102.822
Gijduvon	9.505	1.520,8	3.820.250
Jondor	10.625	1.700,0	4.270.400
Kogon	6.890	1.102,4	2.769.229
Karakul	8.145	1.303,2	3.273.638
Karaulbazar	6.010	961,6	2.415.539
Alat	7.890	1.262,4	3.171.149
Peshku	8.600	1.376,0	3.456.512
Romitan	10.220	1.635,2	4.107.622
Shafirkan	8.995	1.439,2	3.615.270
Vobkent	8.610	1.377,6	3.460.531
Bukhara city	70	11,2	28.134
Total provincia	93.280	14.924,8	37.491.098

Empleando los datos de la Tabla 5.37, se calculan los volúmenes de agua necesarios para la obtención de esta producción en riego por inundación y en riego por goteo partiendo de los datos de EUA obtenidos en la explotación piloto.

Tabla 5.43 Volumen de agua Escenario 2 (Elaboración propia, 2022)

Provincia	Producción Objetivo (kg)	Agua necesaria en riego por inundación (m^3)	Agua necesaria en riego por goteo (m^3)	Diferencia (m^3)
Bujará	37.491.098	110.267.934	36.399.124	73.868.810

Igual que en el apartado anterior, para realizar el incremento de los beneficios obtenidos en el conjunto de la superficie transformada, utilizamos los valores medios del beneficio en términos reales obtenido por hectárea de cultivo.

Tabla 5.44 Beneficios medios Escenario 2 (Elaboración propia, 2022)

Riego	Superficie (ha)	Beneficios medios (10^3 uzs/ha)	Beneficios medios (10^3 uzs)	Diferencia (10^3 uzs)
Inundación	14.924,8	504,84	7.534.686	104.365.246
Goteo	14.924,8	7.497,58	111.899.932	

El coste medio directo obtenido para transformar las 14.924,8 hectáreas en riego por goteo del objetivo perseguido asciende a 434.657 millones de uzs en términos reales. El sector productor debe financiar 217.328 millones de uzs en el conjunto de la transformación con una subvención directa de 119.398 millones de uzs lo que significa un nivel de endeudamiento de 97.930 millones de uzs con unas expectativas de incrementar los ingresos por campaña en 104.365 millones de uzs.

Finalmente, para definir el escenario pesimista o desfavorable hemos tomado las condiciones del año 2019 como elemento de referencia, donde el objetivo de modernización determinado por las autoridades gubernamentales fue alcanzar la superficie de 6.000 ha transformadas de riego sobre un total de 106.00 ha dedicadas al cultivo del algodón, lo que representa el 5,66%. Por eso, definimos el Escenario 3 (pesimista o desfavorable) como aquel en el únicamente el 5% de la superficie destinada al cultivo del algodón se transforme a un sistema de riego por goteo.

Tabla 5.45 Objetivo Escenario 3 (Elaboración propia, 2022)

Distrito	Superficie en riego por inundación en 2021 (ha)	Superficie Objetivo (ha)	Producción Objetivo (kg)
Bukhara	7.720	386,0	969.632
Gijduvon	9.505	475,3	1.193.828
Jondor	10.625	531,3	1.334.500
Kogon	6.890	344,5	865.384
Karakul	8.145	407,3	1.023.012
Karaulbazar	6.010	300,5	754.856
Alat	7.890	394,5	990.984
Peshku	8.600	430,0	1.080.160
Romitan	10.220	511,0	1.283.632
Shafirkan	8.995	449,8	1.129.772
Vobkent	8.610	430,5	1.081.416
Bukhara city	70	3,5	8.792
Total provincia	93.280	4.664,0	11.715.968

La siguiente Tabla 5.46 recoge los valores de los parámetros empleados en la simulación: volúmenes de agua necesarios para la obtención de la producción objetivo, definida en los dos sistemas de riego. Para esto se emplearon los resultados de esta tesis (Tabla 5.37).

Tabla 5.46 Volumen de agua Escenario 3 (Elaboración propia, 2022)

Provincia	Producción Objetivo (kg)	Agua necesaria en riego por inundación (m^3)	Agua necesaria en riego por goteo (m^3)	Diferencia (m^3)
Bujará	11.715.968	34.458.729	11.374.726	23.084.003

USC UNIVERSIDADE DE SANTIAGO DE COMPOSTELA

El cálculo del incremento de los beneficios obtenidos en el conjunto de la superficie transformada se apoya en los valores medios del beneficio en términos reales obtenido por hectárea de cultivo.

Tabla 5.47 Beneficios medios Escenario 3 (Elaboración propia, 2022)

Riego	Superficie (ha)	Beneficios medios (10^3 uzs/ha)	Beneficios medios (10^3 uzs)	Diferencia (10^3 uzs)
Inundación	4.664,0	504,84	2.354.589	32.614.139
Goteo	4.664,0	7.497,58	34.968.729	

El coste medio directo para transformar 4.664 hectáreas en riego por goteo asciende a 135.830 millones de uzs en términos reales con una aportación del sector agrario de 30.603 millones de uzs, ya descontadas las ayudas directas y las subvenciones, con unas expectativas de incrementar los ingresos por campaña en 32.614 millones de uzs.

Los resultados obtenidos a partir de las hipótesis planteadas en los tres escenarios nos ofrecen un marco en el que podemos proponer diferentes ideas vinculadas a la mejora de la eficiencia en el uso del agua y aprovechar la discusión contemplada en este capítulo para exponer alguna consideración.

Actualmente, y sin considerar otras líneas de ayudas para la obtención de préstamos, el coste real de la transformación en riego por goteo (29.123.126 uzs/ha), se reparte entre 22.561.563 uzs/ha (77,47 %) que corresponden a los presupuestos del estado habilitados para esta finalidad y 6.561.563 uzs/ha (22,5 3%) a los responsables de la tenencia de la tierra de cada explotación. Esto manifiesta el claro compromiso de las autoridades de la República de Uzbekistán con las medidas conducentes al ahorro de agua en la agricultura. Otro aspecto radica en saber si este apoyo financiero puede alcanzar eficazmente los objetivos perseguidos sin implementar otras actuaciones, tal vez menos costosas, pero indispensables.

El fuerte incremento de los beneficios logrados con el cambio de sistema de riego (6.992.740 uzs/ha), sin necesidad de recurrir a un gran endeudamiento, está vinculado al aumento del rendimiento del cultivo en riego por goteo y no a una reducción de los costes de producción. Hemos de tener cuidado con este elemento ya que el contexto económico nos hace prever una reducción significativa de las cuotas de producción de algodón. La expectativa de mayores beneficios en los responsables de las explotaciones se ve contrarrestada por las expectativas de menores cuotas de producción de este cultivo.

Finalmente, en los tres escenarios el volumen de agua destinado al cultivo del algodón que se ahorra con el cambio de sistema de riego es muy importante y refrenda la utilidad de estas inversiones en una estrategia de mayor eficiencia. En la simulación el ahorro, que incluye el aporte hídrico necesario para las plantas y el aporte para el lavado de sales, alcanza un valor de 4.949 m^3/ha.

Otro elemento muy interesante para valorar las estrategias para el ahorro del agua es la valoración del estado de las infraestructuras de distribución de agua, el coste de su mantenimiento y el coste energético frente al coste residual y ambiental de las pérdidas de agua.

No se dispone de una red de aforo en los puntos de entrega y la falta de automatización de los numerosos puntos de captación (más de 3.000) hacen que no dispongamos de datos solventes por lo que es necesario recurrir a trabajos parciales. Según diferentes autores (Horst y otros, 2005; Pereira y otros, 2002) solo el 40% del agua empleada en la cuenca del Mar de Aral para riego resulta aplicada de forma efectiva a los cultivos, otro 40% son pérdidas en la red de distribución del agua de riego y el 20% restante se pierde por evaporación en los canales a cielo abierto o en los embalses de regulación. Abdullaev y Rakhmatullaev (2015) en un estudio más amplio y reciente de la misma cuenca afirman que las pérdidas en la red de transporte y distribución de agua son muy altas, con índices de eficiencia del transporte entre 0,5-0,6, de forma que más del 40-50% del agua se pierde antes de llegar a la granja.

El Ministerio de Agricultura y Recursos Hídricos de la República de Uzbekistán (MAWR, 2021) indicó recientemente que, como resultado del riego por surcos, cada año se pierden en los campos entre 5 y 6 mil millones de metros cúbicos o el 20 por ciento del agua. La mayoría de estas pérdidas corresponderían a la red de canales secundarios y acequias, formada por canales en tierra, con unas pérdidas por infiltración estimadas en más de 4 mil millones m^3 de agua cada año. En este mismo informe, el MAWR destaca otro problema que dificulta el uso racional del agua es que hoy sólo el 2 % de las más de 3.000 estaciones de medición de agua y el 2,5 % de las 400 grandes estructuras de agua están equipadas con sistemas de control automatizados. En este sentido, el Ministerio de Recursos Hídricos recibió instrucciones de introducir un sistema automatizado de seguimiento del agua en tiempo real en 150 puestos a finales de este año y en todos los puestos a partir del próximo año.

Parece concluyente que aumentar la eficiencia de los sistemas de transporte y distribución es una de las oportunidades importantes para ahorrar agua (Neira y otros, 2005).

No quiero finalizar estas reflexiones, o discusión. sin hacer otra vez referencia a la importancia de adoptar un nuevo modelo de gobernanza de las aguas que dé respuesta a las necesidades de la sociedad uzbeka, y de la cuenca del Mar de Aral. Actualmente, la gestión administrativa domina la gestión del suministro de agua en el sector agrícola, sin tener en cuenta los factores del mercado. Los principales medios de distribución del agua, establecidos legislativamente, se basan en cuotas y controles administrativos (Rahimov y otros, 2020a). La toma de decisiones para determinar las cuotas de producción está determinada por los planes de producción y transformación del algodón, pero no están vinculadas a maximizar los beneficios económicos de este producto. En este tipo de análisis, tampoco se contemplan aspectos relevantes como el aumento de los ingresos de la sociedad, la eficiencia del uso del agua en la agricultura o la reducción del costo del suministro de agua.

El deficiente funcionamiento de las Asociaciones de consumidores de agua (WCA), y su escasa interacción con las Organizaciones de Gestión de Canales (CMOs), ha provocado un incremento en el mal estado de conservación de las redes de riego y de las estructuras hidráulicas dependientes de estas asociaciones (Abdullaev y otros, 2009). La solución adoptada por las autoridades busca la gestión privada de la gestión del agua, entendiendo que de esta forma se adoptará una gestión más eficaz. Según un informe de actividades gubernamentales (MAWR, 2021), ya citado en estas páginas, en este año 2021, las instalaciones de gestión del agua en los distritos de Kuyichirchik, Narpaysky, Bulungur, Sardobinsky, Nishansky y Kasby se transfirieron a empresarios sobre la base de una asociación público-privada y se está implementando un proyecto estándar en ellos. En el informe se afirma que esto permitirá mejorar las instalaciones y reducir significativamente los costos operativos y que en la reunión se ordenó implementar esquemas similares en otras regiones.

USC UNIVERSIDADE DE SANTIAGO DE COMPOSTELA

6. CONCLUSIONES

6. CONCLUSIONES

En lo referente a la obtención de valores de la medida de la eficiencia en el uso del agua (EUA) en el riego por inundación en el periodo 2016/2018 y en el periodo 2019/2021 en el riego localizado por goteo superficial, las conclusiones son:

1º. La lámina media anual de agua de riego aplicada por la técnica de inundación en la explotación piloto, en el periodo de estudio 2016/2018, es de 7.472,7 m^3/hectárea con una desviación estándar de 159,1. Estos resultados están en línea con otros trabajos científicos y técnicos realizados para el cultivo del algodón en condiciones análogas.

2º. La lámina media anual de agua de riego aplicada por goteo en la explotación piloto es de 4.054,72 m^3/hectárea con una desviación estándar de 215,8 para el periodo 2019/2021. Estos resultados están en línea con otros trabajos científicos y técnicos realizados para el cultivo del algodón en condiciones análogas.

3º. El valor de la EUA obtenido en el riego por inundación (EUAi) en la explotación piloto varía entre 0,32 kg/m^3 y 0,37 kg/m^3 para el periodo 2016/2018. La EUAi presenta un valor medio de 0,34 kg/m^3 y una desviación estándar de 0,02. Estos resultados son semejantes a los obtenidos en otros trabajos científicos y técnicos para el cultivo del algodón en condiciones análogas.

4º. El valor de la EUA obtenido en el riego por goteo (EUAg) en la explotación piloto varía entre 0,98 kg/m^3 y 1,07 kg/m^3 para el periodo 2019/2021. La EUAg obtenida en estas condiciones presenta un valor medio de 1,03 kg/m^3 y una desviación estándar de 0,10. Estos resultados son semejantes a los obtenidos en otros trabajos científicos y técnicos para el cultivo del algodón en condiciones análogas.

5º. La diferencia entre los valores de la EUA obtenidos, considerando únicamente como variable el sistema de riego empleado, indican que se puede incrementar la producción de algodón en 0,69 kg/ha por cada m^3 movilizado para el riego del cultivo del algodón transformando el sistema de riego de inundación a goteo.

6º. La diferencia entre los valores de la EUA obtenidos, considerando únicamente como variable el sistema de riego empleado, indican que se puede realizar un ahorro de agua de 1,97 m^3 por cada kg/ha producido transformando el sistema de riego de inundación a goteo.

USC
DE SANTIAGO
DE COMPOSTELA

En lo referente a la generación de un indicador que nos permita analizar la relación entre los recursos destinados al cultivo del algodón y la producción obtenida, las conclusiones son:

7º. El valor medio en términos reales del coste de los insumos vinculados al riego por superficie obtenido en la explotación piloto alcanza un valor medio de 15.601 uzs/ha para el

periodo 2016/2018. El valor medio en términos reales del coste de los insumos vinculados al riego por goteo obtenido en la explotación piloto alcanza un valor medio de 15.233 uzs/ha para el periodo 2019/2021.

8º. El valor medio del rendimiento obtenido en el cultivo del algodón en riego por superficie en la explotación piloto es de 2.512 kg/ha para el periodo 2016/2018. El valor medio del rendimiento obtenido en el cultivo del algodón en riego por goteo obtenido en la explotación piloto es de 4.185 kg/ha para el periodo 2019/2021.

9º. El valor de la IPAB obtenido en el riego por inundación en la explotación piloto varía entre 0,966 y 0,972 para el periodo 2016/2018. La IPAB presenta valores muy uniformes con un valor medio de 0,969 y una desviación estándar de 0,002.

10º. El valor de la IPAB obtenido en el riego a presión localizado mediante goteros integrados en la explotación piloto varía entre 0,643 y 0,698 para el periodo 2019/2021. Los valores obtenidos en estas condiciones presentan un valor medio de 0,671 y una desviación estándar de 0,017.

11º. El beneficio medio por hectárea, medido en valores reales o constantes, varió desde los 504.840 uzs por hectárea en el periodo 2016/2018 correspondiente al riego por superficie hasta los 7.497.580 uzs por hectárea en el periodo 2019/2021 correspondiente al riego por goteo.

En relación a la simulación con tres objetivos diferentes en cuanto a la extensión de la superficie transformada en riego localizado, las conclusiones son:

12º. El escenario optimista o favorable se define como aquel en el que la trasformación del sistema de riego alcance el 30% de la superficie destinada al cultivo del algodón en el año 2021. Lo que representa una superficie de 27.984,0 hectáreas, con una producción de 70.296 toneladas de algodón crudo, un consumo de 68 hm^3 y un ahorro de agua de 138,5 hm^3.

13º. El escenario medio se define como aquel en el que la trasformación del sistema de riego alcance el 16% de la superficie destinada al cultivo del algodón en el año 2021. Lo que representa una superficie de 14.924,8 hectáreas, con una producción de 37.491 toneladas de algodón crudo, un consumo de 68,2 hm^3 y un ahorro de agua de 73,9 hm^3.

14º. El escenario pesimista o desfavorable se define como aquel en el que la trasformación del sistema de riego alcance únicamente el 5% de la superficie destinada al cultivo del algodón en el año 2021. Lo que representa una superficie de 4.664,0 hectáreas, con una producción de 11.716 toneladas de algodón crudo, un consumo de 11,4 hm^3 y un ahorro de agua de 23,1 hm^3.

En consideración de estas conclusiones, y apoyándonos en la discusión, se establecer futuras líneas de trabajo o aspectos que deben ser estudiados:

15º. La adopción del riego por goteo en el cultivo del algodón, considerado como una tecnología de ahorro de agua en la agricultura, representa una herramienta de gran potencia. Sin embargo, esto no excluye ni substituye la necesidad de mejorar el riego por superficie y

modernizar los sistemas de distribución de agua, implementar un mecanismo de asesoramiento y formación al regante y adoptar reformas en el sistema administrativo de la gobernanza del agua.

16º. Es necesario introducir el coste del agua y el coste energético en el cálculo del indicador IPAB. Esto nos permitirá efectuar juicios más sólidos sobre las estrategias más adecuadas.

17º. En la consideración del ahorro de agua en la agricultura, en un escenario de reducción de la disponibilidad del recurso y del incremento de la demanda, es vital considerar las consecuencias de este ahorro en la recuperación del Mar de Aral, algo fundamental para los ecosistemas y sociedades regionales, y en la recuperación de la calidad de los suelos agrícolas y de las aguas subterráneas.

18º. En la estrategia de ahorro de agua debemos abordar la gestión de las aguas de drenaje que, actualmente, se acopian en "lagos salados" o embalses y se reutilizan en el riego agrícola.

19º. Es necesario abordar la implicación de los actores sociales con medidas de diferente naturaleza, desde la creación de servicios de formación y asesoramiento a los regantes a la incentivación en el ahorro de agua a través del coste del recurso.

20º. Dada la dificultad de obtener de equipos y elemento para el riego localizado y su automatización a través de operaciones de importación, la disponibilidad de petróleo, hace que el establecimiento de fábricas petroquímicas para la fabricación de plásticos pueda dar lugar a una industria nacional de materiales de riego.

USC
UNIVERSIDADE DE SANTIAGO DE COMPOSTELA

USC
UNIVERSIDADE
DE SANTIAGO
DE COMPOSTELA

7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Abdullaev, I. 2002. Effects of large scale irrigation on drinking water quality in the Bukhara and Kashkadarya provinces of Uzbekistan. Water International 27: 266-270.

Abdullaev, I, J. Kazbekov, H. Manthritilake y K. Jumaboev. 2009. Water User Groups in Central Asia: Emerging Form of Collective Action in Irrigation Water Management. Water Resources Management 24 (5):1029-1043.

Abdullaev, I. y S. Rakhmatullaev. 2015. Transformation of water management in Central Asia: from State-centric, hydraulic mission to socio-political control. Environmental Earth Sciences 73: 849-861.

Ahmad, S. y M. Hasanuzzaman. 2020. Cotton Production and Uses: Agronomy, Crop Protection and Postharvest Technologies. Springer Nature Singapore.

Álvarez, R. Conagua da Impulso al Desarrollo del Campo [en línea]. Planeta Azul, 2011. Disponible en World Wide Web: http://www.planetaazul.com.mx/site/.

AQUASTAT. 2020. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). Rome, Italy.
http://www.fao.org/nr/water/aquastat/data/query/results.html

Arian Zwegers. 2020. https://www.iagua.es/uzbekistan

Askarov, A.A. 1981. Southern Uzbekistan in the Second Millennium D. C. Soviet Anthropology and Archeology 14 (1): 5-26.

Baker, J. T., Gitz, D. C., Stout, J. E. y R. J. Lascano. 2015. Cotton Water Use Efficiency under Two Different Deficit Irrigation Scheduling Methods. Agronomy 5: 363-373.

Bartold, V.V. 1925. History of research on the Orient in Europe and Russia: Lectures given at the university and at the Institute of Living Eastern Languages. Leningrad.

Bekchanov, M., C. Ringler y A. Bhaduri. 2018. A Water Rights Trading Approach to Increasing Inflows to the Aral Sea. Land Degradation & Development 29 (4): 952-961.

Boardman, A., D. Greenberg, A. Vining y D. Weimer. 2000. Cost-Benefit Analysis: Concepts and Practice. Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall.

Bouwer, H. 2002. Integrated water management for the 21st century: Problems and solutions. Journal of Irrigation and Drainage Engineering-ASCE 128(4): 193-202.

Briggs, L. J., y H.L. Shantz. 1913. The water requirement of plants. En Bureau of Plant Industry Bulletin (Washington, DC: US Department of Agriculture): 282–285.

Brouwer, C. 1990. Gestion des eaux en irrigation. Manuel de formation nº 4. Pilotage des irrigations. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, Italie. 34 pp.

BRSD. 2019. Statistical Bulletin of Bukhara Region. Bukhara Regional Statistical Department, Bukhara.

Cachanosky, I. 2012. Eficiencia técnica, eficiencia económica y eficiencia dinámica. Procesos de Mercado: Revista Europea de Economía Política IX (2): 51-80.

Cai, X.M., D.C. McKinney y M.W. Rosegrant. 2003. Sustainability analysis for irrigation water management in the Aral Sea region. Agricultural Systems 76 (3): 1043-1066.

Cardín, M. y C.J. Álvarez. 2011. Criterios e indicadores de sostenibilidad para el desarrollo rural. Spanish Journal of Rural Development 2 (2): 81-96.

CAWater-IS. Consultada en 2020. Regional Information System on Water and Land Resources in the Aral Sea Basin.
http://cawater-info.net/bd/index_e.htm.

Cetin, O. y L. Bilgel. 2002. Effects of different irrigation methods on shedding and yield of cotton. Agricultural Water Management 54 (1): 1-15.

Checa, Antonio. 2016. Uzbekistán. Tamerlán desplaza a Lenin. Ed. Renacimiento. Sevilla.

Conrad, C., Dech, S. W., Hafeez, M., Lamers, J., Martius, C. y G. Strunz. 2007. Mapping and assessing water use in a Central Asian irrigation system by utilizing MODIS remote sensing products. Irrigation and Drainage Systems (21): 197–218.

Cretaux, J-F, Letolle, R. y M. Bergé-Nguyena. 2013. History of Aral Sea level variability and current scientific debates. Global and Planetary Change 110 (A): 99-113.

Cuesta, T.S. 2002. Gestión y uso del agua en la zona regable del valle de Lemos, Lugo. Servicio de Publicaciones e Intercambio Científico, Universidad de Santiago de Compostela, Santiago de Compostela. ISBN 84-9750-035-0

Cuesta, T.S., Cancela, J.J., Dafonte, J., Valcárcel, M. y X.X. Neira. 2005. Social aspects influencing water management in the Lemos Valley Irrigation District, Spain. Irrigation and Drainage 54 (2): 125-133.

Cuesta, T.S., D. Muiño y X.X. Neira, 2009. Indicadores de ruralidad y gestión de aguas residuales. Recursos Rurais 5: 79-88.

Dechmi, F. 1999. Etude de l´utilisation de l´eau dans la communauté des irriguants de la Loma de Quinto de Ebro. Thése Master. Instituto Agronómico Mediterráneo de Zaragoza. Centre International de Hautes Etudes Agronomiques Mediterraneennes. 137 pp.

Doorenbos, J. y W. O. Pruitt. 1990. Crop water requirements, Irrigation and drainage paper nº 24, revised. Food and Agriculture Organisation of the United Nations, Rome, Italy. 194 pp.

Dorner, P. 1966. Interacciones entre los sistemas de tenencia de la tierra, la distribución del ingreso y la productividad agrícola. El Trimestre Económico 132 (4): 675-685.

Dzhabbarov, H. 2005. Monograph on drainage problems in Khorezm. Written as an assignment for the ZEF/UNESCO project on Land and Water Restructuring in Khorezm, Uzbekistan.

Ertek, A. 1998. The possibilities of irrigation of cotton with drip systems [in Turkish]. Irrigation and Drain Engineering Department, Institute of Natural Science, Cukurova University, Adana, Turkey. PhD thesis. 140 pp.

FAO. 1988. Soils Map of the World—Revised Legend. Food and Agriculture Organization of the United Nations and UNESCO, Rome.

FAO. 2012. AQUASTAT Country Profile – Uzbekistan. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). Rome, Italy.
http://www.fao.org/aquastat/es/countries-and-basins/country-profiles/country/UZB

FAOSTAT. 2020. Production of Cotton by countries. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). Rome, Italy.
http://www.fao.org/faostat/en/#data.

Fernández, R.E. y F. Camacho. 2005. Eficiencia en el uso del agua. Revista Viveros 86-89. Universidad de Almería.

Fereres, E., Villalobos, F. J., Mateos, L., y F. J. Orgaz. 2009. Fitotecnia. Ediciones Mundi-Prensa 2ª ed. Madrid. pp 327-330.

Filatotchev, I. y S. Toms. 2003. Corporate Governance, Strategy and Survival in a Declining Industry: A Study of UK Cotton Textile Companies. Journal of Management Studies 40 (4): 895-920.

Forkutsa, R.S., Shirokova, Y.I., Lamers, J.P.A., Kienzler, K., Tischbein, B., Martius, C. y P.L.G. Vlek. 2009. Modeling irrigated cotton with shallow groundwater in the Aral Sea Basin of Uzbekistan: II. Soil salinity dynamics. Irrigation Science 27: 319-330.

Giese, E. y J. Sehring. 2007. Conflicts over water: competing for usage rights in Central Asia. Osteuropa 57 (8-9): 483-492.

Gimeno, L., A. Stohl, R.M. Trigo, F. Dominguez, K. Yoshimura, L. Yu, A. Drumond, A. M. Durán-Quesada y R. Nieto. 2012. Oceanic and terrestrial sources of continental precipitation. Reviews of Geophysics 50 RG4003, doi:10.1029/2012RG000389.

Gleick, P.H. 2000. The changing water paradigm. A look at twenty-first century water resources development. Water International 25: 127-138.

Ghorbani, M., S. Kulshreshtha, R. Radmehr y F. Habibi. 2020. Technical Efficiency in Agriculture. In: Kumar S., Meena R.S., Jhariya M.K. (eds) Resources Use Efficiency in Agriculture. Springer, Singapore. https://doi.org/10.1007/978-981-15-6953-1_10

GoU, 2011. Ministry of Agriculture and Water Resources of the Republic of Uzbekistan. Government of Uzbekistan.

Granitov, I.I. 1964. Vegetation cover of south-west Kyzylkum. Izdatelstvo Akademii Nauk Uzbeskoi SSR. Taskhent.

Groll, M., Opp, C., Kulmatov, R., Ikramova, M. y I. Normatov. 2015. Water quality, potential conflicts and solutions—an upstream–downstream analysis of the transnational Zarafshan River (Tajikistan, Uzbekistan). Environmental Earth Sciences 73, 743-763.

Gulyamov, Y.G. 1979. Bukhara Nur. Ethnography and archeology in Central Asia, ed. by Vinogradov A.V., Vorob'eva M.G., Itina M. A., Levina L.M., Nerazik E. E., Rapoport Y.A, Science, Moscow.

Hamidov, A., A. Thiel y D. Zikos. 2015. Institutional design in transformation: A comparative study of local irrigation governance in Uzbekistan. Environmental Science 53: 175-191.

Haanson, B., W. Bowers, B. Davidoff, D. Kasapligil, A. Carvajal y W. Bendixen. 1995. Field performance of microirrigation systems. En: Microirrigation for a changing world: Conserving resources/Preserving the environment. Proc., Fifth Int´l. Microirrigation Congress. Orlando, Florida. 986 pp.

Horst, M.G., Shamutalova, S.S.; Pereira, L.S. y J.M. Gonçalves. 2005. Field assessment of the water saving potential with furrow irrigation in Fergana, Aral Sea basin. Agricultural Water Management 77 (1–3): Pages 210-231.

ICEX, 2021 Ficha País Uzbekistán. Instituto de Comercio Exterior de España. Madrid.

ICWC. 2002. Interstate Water Coordination Comission. Diagnostic Report on Water Resources in Central Area. Scientific Information Center Interstate Water Coordination Comission.

Interstate Commission for Water Coordination of Central Asia. 2020. http://www.icwc-aral.uz/activity.htm

IPCC. 2022. Sexto Informe de Evaluación "Cambio Climático 2022: Impactos, Adaptación y Vulnerabilidad" https://www.ipcc.ch/languages-2/spanish/

JICA, 2017. Japan International Cooperation Agency. Final Report: The data collection survey on agriculture sector in Republic of Uzbekistan. Tokyo.

Kalandarova, U., G. Bezborodov y U. Umrzakov, 2010. Economic assessment of hay mulching technology, applied in Syrdarya province in Uzbekistan. XIV International Congress on Project Engineering. 650-653. Madrid.

Kanber, R., M. Ünlü, E.H. Cakmak y M. Tüzün. 2007. Water use efficiency in Turkey. En Lamaddalena N. (ed.), Shatanawi M. (ed.), Todorovic M. (ed.), Bogliotti C. (ed.), Albrizio R. (ed.). Water use efficiency and water productivity: WASAMED project Bari: CIHEAM Options Méditerranéennes : Série B. Etudes et Recherches (57): 175-186.

Kandiyoti, D. 2003. Pathways of Farm Restructuring in Uzbekistan: Pressures and Outcomes'. in Spoor, M. (Ed), Transition, Institutions, and the Rural Sector, Lexington Books. Maryland, pp. 143-162.

Kantarci, K. 2007. Perceptions of foreign investors on the tourism market in central Asia including Kyrgyzstan, Kazakhstan, Uzbekistan, Turkmenistan. Tourism Management 28 (3): 820–829.

Katpatuka. 2020. Open Street maps. https://wiki.openstreetmap.org

Khamidov, O. 2017. New Stage of Tourism Development in Uzbekistan: Actual Problems and Perspectives. Journal World Scientific News 86 (3), 134-149.

Kogay N.A. 1969. Physical and geographical zoning of the Turan part of Central Asia. Tashkent.

Kulmatov, R. A. Rasulov, D. Kulmatova, Rozilhodjaev y M. Groll. 2015. The Modern Problems of Sustainable Use and Management of Irrigated Lands on the Example of the Bukhara Region (Uzbekistan). Journal of Water Resource and Protection 7: 956-971.

Kuziev, R.K. y V.E. Sectimenko. 2009. Soil of Uzbekistan. Tashkent.

Lee, J.A. y D. Fang. 2015. Cotton as a World Crop: Origin, History, and Current Status. Cotton 57: 1-23.

Lerman, Z. 2008. Agricultural Development in Central Asia: A Survey of Uzbekistan, 2007-2008. Eurasian Geography and Economics 49 (4): 481-505.

Losada, A. 2008. El riego: fundamentos hidráulicos. Ed. Mundi-Prensa Libros, S.A. Madrid.

Marcos, O. 2001. Sequía: definiciones, tipologías y métodos de cuantificación. Investigaciones Geográficas 26: 59-80.

Marín, A., X.X. Neira, y T.S. Cuesta, 2010. Satisfaction of human needs as a tool for the evaluation of sustainability through indicators. International Journal of Environmental and Rural Development (2): 7-11.

Mateos, L. J. Berengena, F. Orgaz, J. Diz y E. Fereres. 1991. A comparison between drip and furrow irrigation in cotton at two levels of water supply. Agricultural Water Management 19: 313-324.

Mirzaev, S.SH. 1996. Water Management and Environmental. Tashkent. TIIAME.

Munis, S.M.M. y M.R.M. Agahi. 1999. Firdaws al-Iqbal: History of Khorezm. Ed. E.J. Brill. Leiden.

MAWR. 2020. Ministry of Agriculture and Water Resources of the Republic of Uzbekistan. http://www.water.gov.uz/uz

MAWR. 2021. Ministry of Agriculture and Water Resources of the Republic of Uzbekistan. https://regulation.gov.uz/uz/document/13767

NAPM. 2019. Decree of the President of the Republic of Uzbekistan, 2018 No. PF-4613 "*Current tasks arising from the organization of the implementation of the instructions to be done in the field of water management*". National agency of project management under the President of the Republic of Uzbekistan.

NAPM. 2020. Decree of the President of the Republic of Uzbekistan of June 17, 2019 No. PF-5742 "S*obre medidas para el uso eficiente de la tierra y los recursos hídricos en la agricultura*". National agency of project management under the President of the Republic of Uzbekistan.

Nazarov I.K., Allayorov I. Sh. y X.R. Toshov. 1991. National experience as the basis for optimizing environmental management in the arid zone of Uzbekistan. Current issues of a comprehensive study of the nature and economy of the southern regions of Uzbekistan part II 295b. Karshi.

Neira X.X. y M. Neira. 2021. El agua, el principio de todas las cosas. Revista Ae 45: 44-45

Neira X.X., C.J. Álvarez, T.S. Cuesta y J.J. Cancela. 2005. Evaluation of water use in traditional irrigation: an application to the Lemos valley irrigation district, northwest of Spain. Agricultural Water Management 75 (2): 137-151.

Obertreis, J. 2007. Infrastrukturen im Sozialismus. Das Beispiel der Bewasserungssysteme im sowjetischen Zentralasien. Saeculum58 (1): 151-182.

OCDE/FAO. 2020. OCDE-FAO Perspectivas Agrícolas, Estadísticas de la OCDE sobre agricultura (base de datos), http://dx.doi.org/10.1787/agr-outl-data-en.

Oficina de Información Diplomática del Ministerio de Asuntos Exteriores, Unión Europea y Cooperación. 2017. Ficha País Uzbekistán. Dirección General de Comunicación e Información Diplomática, Madrid.

Oficina Económica y Comercial de España en Moscú, 2018. Guía de Negocios. Ministerio de Industria, Comercio y Turismo, Madrid.

Peachey, E. J. 2004. The Aral Sea Basin Crisis and Sustainable Water Resource Management in Central Asia. Journal of Public and International Affairs, 15, Spring.

Pereira, L.S. y T.J. Trout. 1999. Irrigation Methods. Irrigation and Drainage. Handbook of Agricultural Engineering. Ed. CIGR- The International Commission of Agricultural Engineering. ASCE. 297-379 pp.

Pereira, L.S., T. Oweis y A. Zairi. 2002. Irrigation management under water scarcity. Agricultural Water Management 57 (3): 175-206.

Pereira, L.S., J.A. de Juan, M.R. Picornell y J.M- Tarjuelo. 2010. El Riego y sus Tecnologías. Centro Regional de Estudios del Agua. 296 pp.

Perrier, A. 1985. Mise à jour des définitions sur l`évapotranspiration et les besoins en eau des cultures. En: Les Besoins en Eau des Cultures/Crop Water Requirements. Conf. Int. CIID, París, 11-14 Sept. CIID-INRA, París. 881-883 pp.

Playán, E. y J.M. Faci. 1998. Riego por superficie. Seminario de Enxeñería Hidráulica aplicada aos sistemas de rega". Escola Politécnica Superior de Lugo. 97 pp.

Raadgever, G.T. y Mostert, E. 2015. Transboundary River Basin Management: State-of-the-art review on transboundary regimes and information management in the context of adaptive management. NeWater Report Series 10.

Rahimov, O. 2009. Economic efficiency and problems of the manufacture of ecologically pure meat from the Karakul lamb., V Congreso Nacional y II Congreso Ibérico Agroingeniería, pp.365-367. Spain.

Rahimov, O. y A. Abdughaniyev. 2009. Management of water resources and their division problems in Central Asian region. V Congreso Nacional y II Congreso Ibérico Agroingeniería 2009, 28-30 septiembre, Lugo (España)

Rahimov, O. 2010. Some economic mechanisms of water usage management. Journal of Uzbekistan Agriculture: 20-21

Rahimov, O., A. Abdughaniyev, M. Oripov, X.X. Neira, C.J. Álvarez y T.S. Cuesta. 2010. Considerations on water resources management in Central Asia. Spanish Journal of Rural Development 1(2): 51-58.

Rahimov, O. y D. Yavmutov. 2019. Economics of agro-industrial complex: agricultural land and water resources and their use. Economics: agriculture, microeconomics, macroeconomics. Tashkent.

USC UNIVERSIDADE DE SANTIAGO DE COMPOSTELA

Rahimov, O., Yavmutov, D.Sh. y K.R. Toshov. 2019. Natural geographical description, land and water fund of Bukhara region. Bukhara State University, Bukhara.

Rahimov, O., Cuesta, T.S. y O.H. Khamidov. 2020a. Peculiarities of water resources use in Uzbekistan. International Journal of Agriculture and Environmental Research 6 (3): 435-449.

Rahimov, O., Yavmutov, D. y K. Toshov. 2020b. Natural Geographical Description, Land and Water Fund of Bukhara Region, its Usage Problems. International Journal of Advanced Science and Technology 29 (9): 5724-5735.

Rakhmatullaev, S., Huneau, F., Kazbekov, J., Celle-Jeanton, H., Motelica-Heino, M., Le Coustumer, P y J. Jumanov. 2012. Groundwater resources of Uzbekistan: an environmental and operational overview. Central European Journal of Geoscience 4 (1): 67-80.

Saiko, T.A. y I.S. Zonn, 1994 Considerations on water resources management in Central Asia. Spanish Journal of Rural Development 1(2): 51-58

Salazar, R., Rojano, A. e I. Lorenzo. 2014. La Eficiencia en el uso del agua en la agricultura controlada. Tecnología y Ciencias del Agua V (2): 177-183.

Sands, G.R. y T.H. Podmore. 2000. A generalized environmental sustainability index for agricultural systems. Agriculture, Ecosystems & Environment 79 (1): 29-41.

SCRUS. 2020. State Committee of the Republic of Uzbekistan on Statistics. https://stat.uz/en/

Sennikov, A.N., Tojibaev, K.Sh., Khassanov, F.O. y N.Y. Beshko. 2016. The Flora of Uzbekistan Project. Phytotaxa 282 (2): 107-118.

Shirokova, Y., Forkutsa, I. y N. Sharafutdinova. 2000. Use of electrical conductivity instead of soluble salts for soil salinity monitoring in Central Asia. Irrigation and Drainage Systems 14: 199-205.

Sievers, E.W. 2001. Water, conflict, and regional security in Central Asia. N.Y.U. Environmental Law Journal 10: 356-402.

Sokolov, V. 2019. 25 Years of activities International Fund for Saving the Aral Sea and new impulses for development of the Aral Sea Region. Agency of International Fund for Saving the Aral Sea. Taskhent.

State Committee of the Republic of Uzbekistan for Land Resources, Geodesy, Cartography and State Cadastre. 2012. The Soil Atlas of Uzbekistan. Tashkent.

Swiss Federal Office for the Environment. 2009. Climate Change in Central Asia: A visual synthesis based on the official country information. Communications to the UNFCCC, scientific papers and news reports.

Teichmann, C. 2007. Canals, cotton, and the limits of de-colonization in Soviet Uzbekistan. Central Asian Survey 24 (4): 499-519.

Tolstov, S. P. 1951. Ancient Khorezm. Anglo-Soviet Journal, 12 (2): 12–26.

USC UNIVERSIDADE DE SANTIAGO DE COMPOSTELA

Tolstov, S.P. 1958. The Prehistoric Cultures and Primitive Irrigation Systems of Ancient Chorasmia. Bulletin of the London University Institute of Archaeology, 13: 8–31.

Tolstov, S.P. 1962. Along the Ancient Deltas of the Oxus and Jaxartes. Izdatel'stvo Vostochnoy Literaturii, Moscow.

Toshov, H.R., Qodirov A.A. y A.M. Mavlonov. 2013. Geographical aspects of agricultural development in Uzbekistan. Republican Scientific-theoretical Conference on modern technologies for increasing the productivity and cultivation of agricultural crops. Bukhara.

Toshov H.R. y I.E. Mirzaev. 2016. Climate and economy: its consequences on the example of the Bukhara region. Republican Scientific-methodological and Educational Journal 2 (18): 11-13.

Toshov, X.R., A.A. Qodirov y M. Oripov. 2019. The impact of the climate of Bukhara region on the development of pasture livestock. Bukhara State University, Bukhara.

Trading Economics, 2022. https://es.tradingeconomics.com/uzbekistan/inflation-cpi

UNEP, 2011. Environment and Security in the Amu Darya River Basin. United Nations Environment Programme, Nairobi (Kenya).

United Nations, 2020. Geospatial Information Section.
https://www.un.org/en/our-work/support-sustainable-development-and-climate-action

USAID. 2012. Water project helps reduce ethnic conflict. Case study. United States Agency for International Development.

Uzgiprovodhoz Institute. 2005. Plan for water resources management, irrigation and restoration of land in the Republic of Uzbekistan. Summary.

Van Calker, K.J., P.B.M. Berentsen, G.W.J. Giesen y R.B.M. Huirne. 2005. Identifying and ranking attributes that determine sustainability in Dutch dairy farming. Agriculture and Human Values 22: 53-63.

Vea, L. 2004. La opción hidráulica en Asia Central ex soviética. Revista CIDOB D'affers Internationals 70-71: 143-167

Wadud, A. y B. White. 2000. Farm household efficiency in Bangladesh: a comparison of stochastic frontier and DEA methods. Applied Economics 32: 1665-1673.

Walker, W.R. y G.V. Skogerboe. 1987. Surface irrigation, Theory and practice. Prentice Hall, Inc, Englewood Cliffs, New Jersey, USA. 386 pp.

Wegerich, K. 2004. Coping with disintegration of a river-basin management system: multi-dimensional issues in Central Asia. Water Policy 6: 335–344.

Wikipedia. 2022. https://es.wikipedia.org/wiki/Asia_Central#/media/Archivo:Central_Asia_(orthographic_projection).svg

World Bank. 2010. Adapting to Climate Change in Eastern Europe and Central Asia. Main Report.

World Bank. 2017. Strengthening Analysis for Integrated Water Resources Management in Central Asia: A Road Map for Action. Main Report.

Yakubovsky, A. y A. Nekrasov. 1930. Gorodishche Mizdakhkan. Zapiski Kollegii Vostokovedov 5: 551-580.

Yavmutov, D.Sh. y O. Rahimov. 2020. Elaboration of regional strategies for the development and improvement of land and water in agriculture. Academy 2 (53).

Yavuz, M.Y. 1993. The effects of different irrigation methods on the yield and water use efficiency of cotton [in Turkish]. Irrigation And Drain Engineering Department, Institute of Natural Science, Cukurova University, Adana, Turkey. PhD thesis. 196 pp.

Zonn, I.S. 1999. The impact of political ideology on creeping environmental changes in the Aral Sea basin. In Glantz, M.H. (Ed), Creeping environmental problems and sustainable development in the Aral Sea basin, pp.157-190. Cambridge: Cambridge University Press.

USC UNIVERSIDADE DE SANTIAGO DE COMPOSTELA

El contexto que define el sector agrario en Uzbekistán se caracteriza por cambios en la estructura productiva y la tenencia de la tierra, problemas medioambientales, aumento de la demanda de productos agrarios y el desarrollo de sectores económicos que requieren mayores recursos hídricos. Para valorar las acciones de modernización y mejora del regadío, en este trabajo, desarrollado en una finca piloto, caracteriza el riego por inundación realizado en el periodo 2016/2018 y del riego localizado en el periodo 2019/21, se valora la eficiencia en el uso del agua y se relaciona con la intensidad anual en los insumos y las producciones anuales de algodón. Además, se cuantifica el volumen de recursos hídricos destinado al cultivo de riego de algodón en la provincia de Bujará (Uzbekistán) bajo diferentes escenarios.