

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA
FACULTAD DE AGRONOMIA



**“CALIDAD Y CANTIDAD DE AGUA DE RIEGO EN EL
DESARROLLO Y RENDIMIENTO DE LA FRESA (*Fragaria x
annanasa*) cv. SAN ANDREAS”**

Presentado por:

Rosita Milagros Llanos Ortiz

TESIS PARA OPTAR EL TITULO DE
INGENIERO AGRÓNOMO

Lima – Perú

2018

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA
FACULTAD DE AGRONOMIA

**“CALIDAD Y CANTIDAD DE AGUA DE RIEGO EN EL
DESARROLLO Y RENDIMIENTO DE LA FRESA (*Fragaria x
annanasa*) cv. SAN ANDREAS”**

**Presentado por:
ROSITA MILAGROS LLANOS ORTIZ**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE:
INGENIERO AGRÓNOMO**

Sustentada y Aprobada ante el siguiente jurado:

**Ing. M.S. Andrés Casas Díaz
PRESIDENTE**

**Dr. Oscar Loli Figueroa
ASESOR**

**Ing. M. S. Luis Rubén Bazán Tapia
MIEMBRO**

**Ing. Mg. Sc. Luis Tomassini Vidal
MIEMBRO**

**Lima - Perú
2018**

DEDICATORIA

A Dios por regalarme el don de la vida y estar presente en cada etapa de mi vida, además por otorgarme la sabiduría e inteligencia necesaria para culminar mi tesis con una gran satisfacción personal.

A mi bella hija, Raphaella Yaretzi por ser mi motivación principal para la realización de mi tesis, por demostrarme cada día que puedo lograr mucho más de lo que creo y por darme la dicha de ser su madre.

A mis padres, Javier Llanos y Betty Ortiz por su apoyo incondicional en todo momento, porque ellos son el mejor ejemplo de amor y entrega sin límites a sus hijos, porque gracias a ellos puedo lograr mis objetivos en la vida y sobre todo por enseñarme que todo se puede si tenemos a Dios en nuestra vida.

A mis hermanos, Israel y Christopher por acompañarme en cada logro de mi vida, porque estoy segura que siempre estarán presentes cuando yo los necesite, por sus sabios consejos y por demostrar el profundo amor que le tienen a mi hija.

A mi ahijado, Nicolás Adriano por ser la nueva alegría de mi vida y por darme la oportunidad de ser un ejemplo de vida.

A mis abuelos, tíos, primos, sobrinos y demás familiares por ser parte de mi vida y de este gran esfuerzo durante estos años de mi carrera.

A mis amigos de promoción y de mi facultad de Agronomía por compartir gratos momentos y la misma motivación de entregar nuestros conocimientos al servicio de la comunidad.

AGRADECIMIENTO

A mi patrocinador, el Dr. Oscar Loli por su disposición, presencia y asesoramiento durante el desarrollo de mi tesis y por ser una excelente persona.

A los señores Oscar y Mario, trabajadores del invernadero de suelos de la universidad, por su apoyo desinteresado durante la etapa práctica de mi tesis.

A mi amiga Mirta por orientarme y aconsejarme en la redacción de mi tesis, por mantener nuestra amistad y por ser una persona de buen corazón.

INDICE GENERAL

I. INTRODUCCION.....	1
II. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....	3
2.1. DESCRIPCIÓN BOTÁNICA DE LA FRESA	3
2.2. REQUERIMIENTOS AMBIENTALES	3
2.2.1. Fotoperíodo y temperatura ambiental.....	3
2.2.2. Requerimiento nutricional.....	4
2.3. CALIDAD DEL AGUA	4
2.4. PROBLEMAS RELACIONADOS A LA CALIDAD DE AGUA	4
2.4.1. Salinidad.....	5
2.4.2. Tasa de infiltración.....	5
2.5. CANTIDAD DE AGUA DE RIEGO NECESARIA EN EL CULTIVO DE FRESA... 	6
2.6. TRATAMIENTO MAGNÉTICO DEL AGUA EN LA AGRICULTURA	7
III. MATERIALES Y MÉTODOS.....	10
3.1. LOCALIZACIÓN DEL EXPERIMENTO	10
3.2. CARACTERIZACIÓN DEL SUELO	10
3.3. FUENTES DE AGUA DE RIEGO.....	11
3.3.1. Agua de La Molina.....	11
3.3.2. Agua desionizada.....	11
3.4. USO DEL MEJORADOR MAGNÉTICO – TECNOLOGÍA HDMR.....	11
3.4.1. Beneficios para la planta	12
3.4.2. Beneficios para el agua.....	12
3.5. ESTABLECIMIENTO DEL CULTIVO DE FRESA	13
3.6. FERTILIZACIÓN.....	14
3.7. APLICACIONES FITOSANITARIAS	14
3.8. PRÁCTICAS CULTURALES.....	14
3.9. RIEGO.....	14
3.10. COSECHA	14
3.11. UNIDADES EXPERIMENTALES.....	14
3.12. TRATAMIENTOS	15
3.13. VARIABLES EVALUADAS	16
3.13.1. Peso seco de cada componente.....	16
3.13.2. Extracción total de nutrientes	16
3.13.3. Porcentaje de humedad.....	17

3.13.4. Producción.....	17
3.13.5. Número de frutos por planta.....	17
3.13.6. Peso del fruto.....	17
3.13.7. Calibre del fruto.....	17
3.13.8. Coeficiente de partición de biomasa (CPB)	17
3.13.9. Determinación de la eficiencia en el uso del agua (EUA).....	17
3.14.DISEÑO EXPERIMENTAL	18
IV. RESULTADOS Y DISCUSIONES	19
4.1. PESO SECO DE CADA COMPONENTE DE LA FRESA.....	19
4.1.1. Efecto del tipo de agua	19
4.1.2. Efecto del nivel de humedad del suelo	20
4.1.3. Efecto del uso de la tecnología HDMR	21
4.1.4. Efecto de la interacción tipo de agua y nivel de humedad del suelo	22
4.1.5. Efecto de la interacción tipo de agua y uso de la tecnología HDMR	23
4.1.6. Efecto de la interacción nivel de humedad y uso de la tecnología HDMR	26
4.1.7. Efecto de la interacción tipo de agua, nivel de humedad del suelo y uso de la tecnología HDMR	26
4.2. EXTRACCIÓN TOTAL DE NUTRIENTES	30
4.2.1. Efecto del tipo de agua	30
4.2.2. Efecto del nivel de humedad del suelo	32
4.2.3. Efecto del uso de la tecnología HDMR	33
4.2.4. Efecto de la interacción tipo de agua y nivel de humedad del suelo	34
4.2.5. Efecto de la interacción tipo de agua y uso de la tecnología HDMR	36
4.2.6. Efecto de la interacción nivel de humedad y uso de la tecnología HDMR	38
4.2.7. Efecto de la interacción tipo de agua, nivel de humedad del suelo y uso de la tecnología HDMR	40
4.3. PORCENTAJE DE HUMEDAD	44
4.3.1. Efecto del tipo de agua	44
4.3.2. Efecto del nivel de humedad del suelo	45
4.3.3. Efecto del uso de la tecnología HDMR	46
4.3.4. Efecto de la interacción tipo de agua y nivel de humedad del suelo	47
4.3.5. Efecto de la interacción tipo de agua y uso de la tecnología HDMR	48
4.3.6. Efecto de la interacción nivel de humedad y uso de la tecnología HDMR	51
4.3.7. Efecto de la interacción tipo de agua, nivel de humedad del suelo y uso de la tecnología HDMR	51
4.4. PRODUCCIÓN.....	54
4.4.1. Efecto del tipo de agua	54
4.4.2. Efecto del nivel de humedad del suelo	55
4.4.3. Efecto del uso de la tecnología HDMR en el agua.....	56
4.4.4. Efecto de la interacción tipo de agua y nivel de humedad del suelo	56
4.4.5. Efecto de la interacción tipo de agua y uso de la tecnología HDMR	57
4.4.6. Efecto de la interacción nivel de humedad del suelo y uso de la tecnología HDMR.....	58
4.4.7. Efecto de la interacción tipo de agua, nivel de humedad del suelo y uso de la tecnología HDMR.	59

4.5. NÚMERO DE FRUTOS POR PLANTA	60
4.5.1. Efecto del tipo de agua	60
4.5.2. Efecto del nivel de humedad del suelo	61
4.5.3. Efecto del uso de la tecnología HDMR	62
4.5.4. Efecto de la interacción tipo de agua y nivel de humedad del suelo	63
4.5.5. Efecto de la interacción tipo de agua y uso de la tecnología HDMR	64
4.5.6. Efecto de la interacción nivel de humedad y uso de la tecnología HDMR	64
4.5.7. Efecto de la interacción tipo de agua, nivel de humedad del suelo y uso de la tecnología HDMR	65
4.6. PESO DEL FRUTO	66
4.6.1. Efecto del tipo de agua	66
4.6.2. Efecto del nivel de humedad del suelo	67
4.6.3. Efecto del uso de la tecnología HDMR en el agua.....	68
4.6.4. Efecto de la interacción tipo de agua y nivel de humedad del suelo	69
4.6.5. Efecto de la interacción tipo de agua y uso de la tecnología HDMR	70
4.6.6. Efecto de la interacción nivel de humedad del suelo y uso de la tecnología HDMR.....	71
4.6.7. Efecto de la interacción tipo de agua, nivel de humedad del suelo y uso de la tecnología HDMR.	72
4.7. CALIBRE DEL FRUTO.....	72
4.7.1. Efecto del tipo de agua	72
4.7.2. Efecto del nivel de humedad del suelo	73
4.7.3. Efecto del uso de la tecnología HDMR	74
4.7.4. Efecto de la interacción tipo de agua y nivel de humedad del suelo	75
4.7.5. Efecto de la interacción tipo de agua y uso de la tecnología HDMR	76
4.7.6. Efecto de la interacción nivel de humedad y uso de la tecnología HDMR	77
4.7.7. Efecto de la interacción tipo de agua, nivel de humedad del suelo y uso de la tecnología HDMR	77
4.8. COEFICIENTE DE PARTICIÓN DE BIOMASA (CPB) DE CADA COMPONENTE	78
4.8.1. Efecto del tipo de agua	78
4.8.2. Efecto del nivel de humedad del suelo	79
4.8.3. Efecto del uso de la tecnología HDMR	80
4.8.4. Efecto de la interacción tipo de agua y nivel de humedad del suelo	81
4.8.5. Efecto de la interacción tipo de agua y uso de la tecnología HDMR	83
4.8.6. Efecto de la interacción nivel de humedad y uso de la tecnología HDMR	83
4.8.7. Efecto de la interacción tipo de agua, nivel de humedad del suelo y uso de la tecnología HDMR	86
4.9. EFICIENCIA DEL USO DE AGUA (EUA)	88
4.9.1. Efecto del tipo de agua	88
4.9.2. Efecto del uso de la tecnología HDMR en el agua.....	88
4.9.3. Efecto del nivel de humedad del suelo	89
4.9.4. Efecto de la interacción tipo de agua y nivel de humedad del suelo	90
4.9.5. Efecto de la interacción tipo de agua y uso de la tecnología HDMR	90
4.9.6. Efecto de la interacción nivel de humedad del suelo y uso de la tecnología HDMR.....	91

4.9.7. Efecto de la interacción tipo de agua, nivel de humedad del suelo y uso de la tecnología HDMR.	92
V. CONCLUSIONES	93
VI. RECOMENDACIONES	95
VII. ANEXOS	96
VIII.REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	110

INDICE DE CUADROS

CUADRO 1 ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICO DEL SUELO DE CIENEGUILLA.....	10
CUADRO 2 ANÁLISIS QUÍMICO DE LOS TIPOS DE AGUA CON Y SIN HDMR.....	13
CUADRO 3 TRATAMIENTOS EXPERIMENTALES	15
CUADRO 4 EFECTO DEL TIPO DE AGUA SOBRE LA EXTRACCIÓN TOTAL DE NUTRIENTES (%) EN HOJAS Y PECIOLOS, RAÍZ Y FRUTOS.	30
CUADRO 5 EXTRACCIÓN PROMEDIO DE SODIO EN HOJAS Y PECIOLOS Y, FRUTOS EXPRESADO EN PORCENTAJE POR UNIDAD DE GRAMO	31
CUADRO 6 EFECTO DEL NIVEL DE HUMEDAD DEL SUELO SOBRE LA EXTRACCIÓN TOTAL DE NUTRIENTES (%) EN HOJAS Y PECIOLOS, RAÍZ Y FRUTOS.	32
CUADRO 7 EFECTO DEL USO DE LA TECNOLOGÍA HDMR SOBRE LA EXTRACCIÓN TOTAL DE NUTRIENTES (%) EN HOJAS Y PECIOLOS, RAÍZ Y FRUTOS.	33
CUADRO 8 EFECTO DEL TIPO DE AGUA Y EL NIVEL DE HUMEDAD DEL SUELO SOBRE LA EXTRACCIÓN TOTAL DE NUTRIENTES DE HOJAS Y PECIOLOS (%).....	35
CUADRO 9 EFECTO DEL TIPO DE AGUA Y EL NIVEL DE HUMEDAD DEL SUELO SOBRE LA EXTRACCIÓN TOTAL DE NUTRIENTES DE LA RAÍZ (%)	35
CUADRO 10 EFECTO DEL TIPO DE AGUA Y EL NIVEL DE HUMEDAD DEL SUELO SOBRE LA EXTRACCIÓN TOTAL DE NUTRIENTES DE FRUTOS (%).....	36
CUADRO 11 EFECTO DEL TIPO DE AGUA Y EL USO DE LA TECNOLOGÍA HDMR SOBRE LA EXTRACCIÓN TOTAL DE NUTRIENTES DE HOJAS Y PECIOLOS (%).....	37
CUADRO 12 EFECTO DEL TIPO DE AGUA Y EL USO DE LA TECNOLOGÍA HDMR SOBRE LA EXTRACCIÓN TOTAL DE NUTRIENTES DE LA RAÍZ (%)	37
CUADRO 13 EFECTO DEL TIPO DE AGUA Y EL USO DE LA TECNOLOGÍA HDMR SOBRE LA EXTRACCIÓN TOTAL DE NUTRIENTES DE FRUTOS (%).....	38
CUADRO 14 EFECTO DEL NIVEL DE HUMEDAD DEL SUELO Y EL USO DE LA TECNOLOGÍA HDMR SOBRE LA EXTRACCIÓN TOTAL DE NUTRIENTES DE HOJAS Y PECIOLOS (%)	39
CUADRO 15 EFECTO DEL NIVEL DE HUMEDAD DEL SUELO Y EL USO DE LA TECNOLOGÍA HDMR SOBRE LA EXTRACCIÓN TOTAL DE NUTRIENTES DE LA RAÍZ	39
CUADRO 16 EFECTO DEL NIVEL DE HUMEDAD DEL SUELO Y EL USO DE LA TECNOLOGÍA HDMR SOBRE LA EXTRACCIÓN TOTAL DE NUTRIENTES DE LOS FRUTOS	40

CUADRO 17 EFECTO DEL NIVEL DE HUMEDAD DEL SUELO, USO DE LA TECNOLOGÍA HDMR Y EL TIPO DE AGUA SOBRE LA EXTRACCIÓN TOTAL DE NUTRIENTES DE LAS HOJAS Y PECIOLOS 1	41
CUADRO 18 EFECTO DEL NIVEL DE HUMEDAD DEL SUELO, USO DE LA TECNOLOGÍA HDMR Y EL TIPO DE AGUA SOBRE LA EXTRACCIÓN TOTAL DE NUTRIENTES DE LAS HOJAS Y PECIOLOS 2	41
CUADRO 19 EFECTO DEL NIVEL DE HUMEDAD DEL SUELO, USO DE LA TECNOLOGÍA HDMR Y EL TIPO DE AGUA SOBRE LA EXTRACCIÓN TOTAL DE NUTRIENTES DE LA RAÍZ 1	42
CUADRO 20 EFECTO DEL NIVEL DE HUMEDAD DEL SUELO, USO DE LA TECNOLOGÍA HDMR Y EL TIPO DE AGUA SOBRE LA EXTRACCIÓN TOTAL DE NUTRIENTES DE LA RAÍZ 2	42
CUADRO 21 EFECTO DEL NIVEL DE HUMEDAD DEL SUELO, USO DE LA TECNOLOGÍA HDMR Y EL TIPO DE AGUA SOBRE LA EXTRACCIÓN TOTAL DE NUTRIENTES DE LOS FRUTOS 1.....	43
CUADRO 22 EFECTO DEL NIVEL DE HUMEDAD DEL SUELO, USO DE LA TECNOLOGÍA HDMR Y EL TIPO DE AGUA SOBRE LA EXTRACCIÓN TOTAL DE NUTRIENTES DE LOS FRUTOS 2.....	43

INDICE DE FIGURAS

FIGURA 1 DISTRIBUCIÓN DE LOS TRATAMIENTOS	16
FIGURA 2 PESO SECO DE LOS COMPONENTES DE LA FRESA SOMETIDOS A DOS TIPOS DE AGUA.	19
FIGURA 3 PESO SECO DE LOS COMPONENTES DE LA FRESA SOMETIDOS A TRES NIVELES DE HUMEDAD DEL SUELO.	21
FIGURA 4 EFECTO DEL USO DE LA TECNOLOGÍA HDMR SOBRE EL PESO SECO DE LOS COMPONENTES DE LA FRESA.....	22
FIGURA 5 PESO SECO DE FRUTOS (1), RAÍZ (2), CORONA (3) Y, HOJAS Y PECIOLOS (4) SOMETIDOS A TRES NIVELES DE HUMEDAD DEL SUELO Y DOS TIPOS DE AGUA DE RIEGO.	24
FIGURA 6 PESO SECO DE FRUTOS (1), RAÍZ (2), CORONA (3) Y, HOJAS Y PECIOLOS (4) SOMETIDOS A DOS TIPOS DE AGUA DE RIEGO Y AL EFECTO DEL USO DE LA TECNOLOGÍA HDMR.	25
FIGURA 7 PESO SECO DE FRUTOS (1), RAÍZ (2), CORONA (3) Y, HOJAS Y PECIOLOS (4) SOMETIDOS A TRES NIVELES DE HUMEDAD DEL SUELO Y AL EFECTO DEL USO DE LA TECNOLOGÍA HDMR.	28
FIGURA 8 PESO SECO DE FRUTOS (1), RAÍZ (2), CORONA (3) Y, HOJAS Y PECIOLOS (4) SOMETIDOS A DOS TIPOS DE AGUA DE RIEGO, TRES NIVELES DE HUMEDAD DEL SUELO Y AL EFECTO DEL USO DE LA TECNOLOGÍA HDMR.	29
FIGURA 9 PORCENTAJE DE HUMEDAD DE LOS COMPONENTES DE LA FRESA SOMETIDOS A DOS TIPOS DE AGUA.....	44
FIGURA 10 PORCENTAJE DE HUMEDAD DE LOS COMPONENTES DE LA FRESA SOMETIDOS A TRES NIVELES DE HUMEDAD DEL SUELO.	46
FIGURA 11 EFECTO DEL USO DE LA TECNOLOGÍA HDMR SOBRE EL PESO SECO DE LOS COMPONENTES DE LA FRESA.....	47
FIGURA 12 PORCENTAJE DE HUMEDAD DE LA RAÍZ (1), HOJAS Y PECIOLOS (2), CORONA (3) Y FRUTOS (4) SOMETIDOS A TRES NIVELES DE HUMEDAD DEL SUELO Y DOS TIPOS DE AGUA DE RIEGO.	49

FIGURA 13 PORCENTAJE DE HUMEDAD DE LA RAÍZ (1), HOJAS Y PECIOLOS (2), CORONA (3) Y FRUTOS (4) SOMETIDOS A DOS TIPOS DE AGUA DE RIEGO Y AL EFECTO DEL USO DE LA TECNOLOGÍA HDMR.....	50
FIGURA 14 PORCENTAJE DE HUMEDAD DE LA RAÍZ (1), HOJAS Y PECIOLOS (2), CORONA (3) Y FRUTOS (4) SOMETIDOS A TRES NIVELES DE HUMEDAD DEL SUELO Y AL EFECTO DEL USO DE LA TECNOLOGÍA HDMR.	52
FIGURA 15 PORCENTAJE DE HUMEDAD DE LA RAÍZ (1), HOJAS Y PECIOLOS (2), CORONA (3) Y FRUTOS (4) SOMETIDOS A DOS TIPOS DE AGUA DE RIEGO, TRES NIVELES DE HUMEDAD DEL SUELO Y AL EFECTO DEL USO DE LA TECNOLOGÍA HDMR.....	53
FIGURA 16 PRODUCCIÓN DE PLANTAS DE FRESA UTILIZANDO DOS FUENTES DE AGUA DE RIEGO.....	54
FIGURA 17 PRODUCCIÓN DE PLANTAS DE FRESA SOMETIDAS A DIFERENTES NIVELES DE HUMEDAD DEL SUELO.	55
FIGURA 18 EFECTO DEL USO DE LA TECNOLOGÍA HDMR SOBRE LA PRODUCCIÓN DE FRESA.....	56
FIGURA 19 PRODUCCIÓN DE PLANTAS DE FRESA SOMETIDAS A TRES NIVELES DE HUMEDAD DEL SUELO Y DOS TIPOS DE AGUA.....	57
FIGURA 20 PRODUCCIÓN DE PLANTAS DE FRESA SOMETIDAS A DOS TIPOS DE AGUA Y AL EFECTO DEL USO DE LA TECNOLOGÍA HDMR.....	58
FIGURA 21 PRODUCCIÓN DE PLANTAS DE FRESA SOMETIDAS A TRES NIVELES DE HUMEDAD DEL SUELO Y AL USO DE LA TECNOLOGÍA HDMR.	59
FIGURA 22 PRODUCCIÓN DE PLANTAS DE FRESA SOMETIDAS A TRES NIVELES DE HUMEDAD DEL SUELO, DOS TIPOS DE AGUA Y AL USO DE LA TECNOLOGÍA HDMR.....	60
FIGURA 23 EFECTO DEL TIPO DE AGUA SOBRE EL NÚMERO DE FRUTOS POR PLANTA.	61
FIGURA 24 EFECTO DEL NIVEL DE HUMEDAD DEL SUELO SOBRE EL NÚMERO DE FRUTOS POR PLANTA.	62
FIGURA 25 EFECTO DEL USO DEL MEJORADOR MAGNÉTICO SOBRE EL NÚMERO DE FRUTOS POR PLANTA.	63
FIGURA 26 NÚMERO DE FRUTOS POR PLANTA DE FRESA SOMETIDAS A TRES NIVELES DE HUMEDAD DEL SUELO Y DOS TIPOS DE AGUA.....	63

FIGURA 27 NÚMERO DE FRUTOS POR PLANTA DE FRESA SOMETIDAS A DOS TIPOS DE AGUA Y AL EFECTO DEL USO DE LA TECNOLOGÍA HDMR.	64
FIGURA 28 NÚMERO DE FRUTOS POR PLANTA DE FRESA SOMETIDAS A TRES NIVELES DE HUMEDAD DEL SUELO Y AL USO DE LA TECNOLOGÍA HDMR.	65
FIGURA 29 NÚMERO DE FRUTOS POR PLANTA EN EL CULTIVO DE FRESA SOMETIDO A TRES NIVELES DE HUMEDAD DEL SUELO, DOS TIPOS DE AGUA Y AL USO DE LA TECNOLOGÍA HDMR.	66
FIGURA 30 EFECTO DEL TIPO DE AGUA SOBRE EL PESO DEL FRUTO (G).	67
FIGURA 31 EFECTO DEL NIVEL DE HUMEDAD DEL SUELO SOBRE EL PESO DEL FRUTO (G).	68
FIGURA 32 EFECTO DEL USO DEL MEJORADOR MAGNÉTICO SOBRE EL PESO DEL FRUTO (G).	69
FIGURA 33 PESO DEL FRUTO DE FRESA SOMETIDO A TRES NIVELES DE HUMEDAD DEL SUELO Y DOS TIPOS DE AGUA.....	70
FIGURA 34 PESO DEL FRUTO DE FRESA SOMETIDO A DOS TIPOS DE AGUA Y AL USO DEL MEJORADOR MAGNÉTICO.	71
FIGURA 35 PESO DEL FRUTO DE FRESA SOMETIDO A TRES NIVELES DE HUMEDAD DEL SUELO Y A DOS TIPOS DE AGUA.....	71
FIGURA 36 PESO DEL FRUTO DE FRESA SOMETIDO A TRES NIVELES DE HUMEDAD DEL SUELO, DOS TIPOS DE AGUA Y AL USO DE LA TECNOLOGÍA HDMR.	72
FIGURA 37 EFECTO DEL TIPO DE AGUA SOBRE EL CALIBRE DEL FRUTO (G).....	73
FIGURA 38 EFECTO DEL NIVEL DE HUMEDAD DEL SUELO SOBRE EL CALIBRE DEL FRUTO (G).	74
FIGURA 39 EFECTO DEL MEJORADOR MAGNÉTICO SOBRE EL CALIBRE DEL FRUTO (G). ...	75
FIGURA 40 CALIBRE DEL FRUTO DE FRESA SOMETIDO A TRES NIVELES DE HUMEDAD DEL SUELO Y DOS TIPOS DE AGUA.....	76
FIGURA 41 CALIBRE DEL FRUTO DE FRESA SOMETIDO A DOS TIPOS DE AGUA Y AL USO DEL MEJORADOR MAGNÉTICO.....	76
FIGURA 42 CALIBRE DEL FRUTO DE FRESA SOMETIDO A TRES NIVELES DE HUMEDAD DEL SUELO Y A DOS TIPOS DE AGUA.....	77
FIGURA 43 CALIBRE DEL FRUTO DE FRESA SOMETIDO A TRES NIVELES DE HUMEDAD DEL SUELO, DOS TIPOS DE AGUA Y AL USO DEL MEJORADOR MAGNÉTICO.....	78

FIGURA 44 CPB DE LOS COMPONENTES DE LA FRESA SOMETIDOS A DOS TIPOS DE AGUA.	79
FIGURA 45 CPB DE LOS COMPONENTES DE LA FRESA SOMETIDOS A TRES NIVELES DE HUMEDAD DEL SUELO.	80
FIGURA 46 EFECTO DEL USO DE LA TECNOLOGÍA HDMR SOBRE EL CPB DE LOS COMPONENTES DE LA FRESA.....	81
FIGURA 47 CPB DE LA RAÍZ (1), HOJAS Y PECIOLOS (2), CORONA (3) Y FRUTOS (4) SOMETIDOS A TRES NIVELES DE HUMEDAD DEL SUELO Y DOS TIPOS DE AGUA DE RIEGO.	82
FIGURA 48 CPB DE LA RAÍZ (1), HOJAS Y PECIOLOS (2), CORONA (3) Y FRUTOS (4) SOMETIDOS DOS TIPOS DE AGUA DE RIEGO Y AL USO DE LA TECNOLOGÍA HDMR.....	84
FIGURA 49 CPB DE LA RAÍZ (1), HOJAS Y PECIOLOS (2), CORONA (3) Y FRUTOS (4) SOMETIDOS A TRES NIVELES DE HUMEDAD DEL SUELO Y AL USO DE LA TECNOLOGÍA HDMR.	85
FIGURA 50 CPB DE LA RAÍZ (1), HOJAS Y PECIOLOS (2), CORONA (3) Y FRUTOS (4) SOMETIDOS A TRES NIVELES DE HUMEDAD DEL SUELO, DOS TIPOS DE AGUA Y AL USO DE LA TECNOLOGÍA HDMR.	87
FIGURA 51 EFECTO DEL TIPO DE AGUA SOBRE LA EUA.	88
FIGURA 52 EFECTO DEL USO DE LA TECNOLOGÍA HDMR SOBRE LA EUA.	89
FIGURA 53 EFECTO DEL NIVEL DE HUMEDAD DEL SUELO SOBRE LA EUA.	89
FIGURA 54 EUA SOMETIDO A TRES NIVELES DE HUMEDAD DEL SUELO Y DOS TIPOS DE AGUA.	90
FIGURA 55 EUA SOMETIDO A TRES NIVELES DE HUMEDAD DEL SUELO Y DOS TIPOS DE AGUA.	91
FIGURA 56 EUA SOMETIDO A TRES NIVELES DE HUMEDAD DEL SUELO Y AL USO DEL MEJORADOR MAGNÉTICO.	92
FIGURA 57 EUA SOMETIDO A TRES NIVELES DE HUMEDAD DEL SUELO Y AL USO DEL MEJORADOR MAGNÉTICO.	92

INDICE DE ANEXOS

ANEXO 1 PESO SECO DE LA RAÍZ EN CADA UNO DE LOS TRATAMIENTOS Y, POR REPETICIONES.	96
ANEXO 2 PESO SECO DE HOJAS Y PECIOLOS EN CADA UNO DE LOS TRATAMIENTOS Y, POR REPETICIONES.	96
ANEXO 3 PESO SECO DE FRUTOS EN CADA UNO DE LOS TRATAMIENTOS Y, POR REPETICIONES.	97
ANEXO 4 PESO SECO DE CORONA EN CADA UNO DE LOS TRATAMIENTOS Y, POR REPETICIONES.	97
ANEXO 5 EXTRACCIÓN TOTAL DE MACRONUTRIENTES Y SODIO EN HOJAS Y PECIOLOS EXPRESADO EN %/PLANTA.	98
ANEXO 6 EXTRACCIÓN TOTAL DE MICRONUTRIENTES EN HOJAS Y PECIOLOS EXPRESADO EN PPM/PLANTA.	99
ANEXO 7 EXTRACCIÓN TOTAL DE MACRONUTRIENTES Y SODIO EN RAÍZ EXPRESADO EN %/PLANTA.	100
ANEXO 8 EXTRACCIÓN TOTAL DE MICRONUTRIENTES EN RAÍZ EXPRESADO EN PPM/PLANTA.	101
ANEXO 9 EXTRACCIÓN TOTAL DE MACRONUTRIENTES Y SODIO EN FRUTOS EXPRESADO EN %/PLANTA.	102
ANEXO 10 EXTRACCIÓN TOTAL DE MICRONUTRIENTES EN FRUTOS EXPRESADO EN PPM/PLANTA.	103
ANEXO 11 PORCENTAJE DE HUMEDAD DE LA RAÍZ EN CADA UNO DE LOS TRATAMIENTOS Y, POR REPETICIONES	104
ANEXO 12 PORCENTAJE DE HUMEDAD DE LAS HOJAS Y PECIOLOS EN CADA UNO DE LOS TRATAMIENTOS Y, POR REPETICIONES.	104
ANEXO 13 PORCENTAJE DE HUMEDAD DE LA CORONA EN CADA UNO DE LOS TRATAMIENTOS Y, POR REPETICIONES.	105

ANEXO 14 PORCENTAJE DE HUMEDAD DE LOS FRUTOS EN CADA UNO DE LOS TRATAMIENTOS Y, POR REPETICIONES.	105
ANEXO 15 PRODUCCIÓN DE LA FRESA EN CADA UNO DE LOS TRATAMIENTOS Y, POR REPETICIONES.	106
ANEXO 16 NÚMERO DE FRUTOS DE FRESA POR PLANTA EN CADA UNO DE LOS TRATAMIENTOS Y, POR REPETICIONES.	106
ANEXO 17 PESO DEL FRUTO DE FRESA EN CADA UNO DE LOS TRATAMIENTOS Y, POR REPETICIONES.	107
ANEXO 18 COEFICIENTE DE PRODUCCIÓN DE BIOMASA DE LA RAÍZ EN CADA UNO DE LOS TRATAMIENTOS Y, POR REPETICIONES.	107
ANEXO 19 COEFICIENTE DE PRODUCCIÓN DE BIOMASA DE HOJAS Y PECIOLOS EN CADA UNO DE LOS TRATAMIENTOS Y, POR REPETICIONES.....	108
ANEXO 20 COEFICIENTE DE PRODUCCIÓN DE BIOMASA DE FRUTOS EN CADA UNO DE LOS TRATAMIENTOS Y, POR REPETICIONES.	108
ANEXO 21 COEFICIENTE DE PRODUCCIÓN DE BIOMASA DE LA CORONA EN CADA UNO DE LOS TRATAMIENTOS Y, POR REPETICIONES.	109
ANEXO 22 EFICIENCIA DEL USO DE AGUA EN CADA UNO DE LOS TRATAMIENTOS Y, POR REPETICIONES.	109

RESUMEN

La fresa (*Fragaria x annanasa*) es un cultivo de gran importancia económica para muchos agricultores del departamento de Lima, principalmente por el número de empleos que genera en la época de cosecha; sin embargo, el bajo nivel de tecnificación del sistema de producción y el desconocimiento del manejo adecuado del riego y la calidad del agua en el cultivo de fresa, conlleva al uso desmedido del recurso hídrico. Por ello, los objetivos de esta investigación fueron evaluar el efecto de tres niveles de humedad del suelo (60, 80 y 100% de la capacidad de campo (CC)), dos tipos de agua (La Molina y desionizada) y el uso del mejorador magnético del agua sobre el desarrollo y rendimiento de la fresa (*Fragaria x annanasa*) cv. San Andreas. Se realizó un diseño experimental completamente al azar con 12 tratamientos, cada tratamiento tuvo tres repeticiones con un total de 36 unidades experimentales. El agua desionizada generó los valores más altos en peso seco, extracción de nutrientes, contenido de humedad en hojas y peciolas y, frutos, producción, número de frutos por planta, peso y calibre de fruto, coeficiente de partición de biomasa (CPB) en frutos y raíz y eficiencia de uso de agua (EUA). El 100%CC logró mejores resultados en la producción, número de frutos por planta, CPB en frutos y EUA. La humedad del suelo a 80 y 100%CC no presentó diferencias significativas en el peso seco, extracción de nutrientes, contenido de humedad, peso y calibre del fruto; sin embargo los valores fueron más altos respecto al 60%CC. El uso del mejorador magnético tuvo un efecto positivo en el peso seco y CPB de la corona, extracción de nutrientes en los frutos, contenido de humedad en hojas y peciolas, número de frutos por planta y calibre del fruto.

Palabras clave: Fresa, calidad del agua, nivel de humedad del suelo, mejorador magnético, eficiencia de uso de agua.

ABSTRACT

The strawberry is a crop of great economic importance for many farmers in the department of Lima, mainly because of the number of jobs it generates at harvest time; however, the low technological level of the production system and the lack of knowledge of the proper management of irrigation and the quality of the water in the strawberry crop, leads to the excessive use of water resources. Therefore, the aims of this research were to evaluate the effect of three levels of soil moisture (60, 80 and 100% of the field capacity (FC), two types of water (La Molina and deionized) and the use of the magnetic water improver on the development and yield of the strawberry. A completely randomized experimental design was carried out with 12 treatments, each one had three replications with 36 experimental units in all. The deionized water showed the highest values in dry weight, nutrients extraction, moisture content of leaves and petioles and, fruits, production, number of fruits per plant, weight and size of fruit and, biomass partitioning coefficients (BPC) in fruits and root and the water use efficiency (WUE). 100% FC gave the best results in the production, number of fruits per plant, BPC in fruits and WUE. Soil humidity at 80% and 100% FC did not show significant differences in dry weight, nutrients extraction, moisture content, and weight and fruit size; however, the values were higher in comparison to 60% FC. The use of the magnetized irrigation water had a positive effect on the dry weight and BPC of the crown, nutrients extraction in the fruits, moisture content in leaves and petioles, number of fruits per plant and size of the fruit.

Keywords: Strawberry, water quality, soil moisture level, magnetic improver, water use efficiency.

I. INTRODUCCION

La fresa (*Fragaria x ananassa*) constituye una de las principales frutas de consumo de los países desarrollados (MINAGRI, 2008) y, por lo tanto una base en su economía. Es por ello que, a través de la historia ha sido explotado en Europa, Asia y los Estados Unidos de América.

En nuestro país el cultivo de fresa ha incrementado su área y fue considerado en el puesto N° 27 de producción en el mundo durante el año 2014 (FAO, 2017). La mayor producción se obtiene en el departamento de Lima, seguido por La Libertad alcanzando, respectivamente, un 94 y 2 por ciento el año 2015 con un rendimiento promedio de 21ton/ha (MINAG, 2017). La importancia de su cultivo para las regiones productoras se debe principalmente al número de empleos que genera en la época de cosecha, requiriendo canalizar importantes inversiones para cubrir los costos de producción, pues la fresa necesita gran cantidad de mano de obra durante todo el período de cosecha que normalmente dura seis meses, por lo que es generador de empleo aún en pequeñas áreas (MINAGRI, 2008).

Para obtener rendimientos significativos se deben tomar en cuenta diferentes factores, entre los cuales el agua es una de las limitaciones más relevantes, tanto en cantidad como en calidad, ya que las plantas de fresa son conocidas por su alta demanda de agua debido a su área foliar grande, elevado contenido de agua en la fruta y a su sistema radicular superficial, puesto que la mayor parte de raíces absorbentes se encuentran a una profundidad de 0-15 cm (Klamkowski y Treder, 2006); su calidad es importante porque la fresa es un cultivo que se considera sensible a la salinidad (Levitt, 1980). Por ello se plantea el presente trabajo experimental con el fin de observar el efecto de la calidad y cantidad del agua de riego y el uso del mejorador magnético en el desarrollo y rendimiento de la fresa.

Objetivo General

1. Determinar la influencia del agua, definida por su cantidad y calidad, sobre el desarrollo y rendimiento del cultivo de la fresa.

Objetivos Específicos

1. Determinar el efecto de la calidad del agua en el desarrollo y rendimiento de la fresa.
2. Determinar el efecto del nivel de riego en el desarrollo y rendimiento de la fresa.
3. Evaluar la influencia del mejorador magnético del agua sobre la eficiencia de uso del agua de riego en la fresa.
4. Evaluar la influencia de la interacción calidad – cantidad de agua de riego sobre el desarrollo y rendimiento de la fresa.
5. Evaluar la influencia de la interacción cantidad de agua de riego y uso del mejorador magnético sobre el desarrollo y rendimiento de la fresa.
6. Evaluar la influencia de la interacción calidad de agua de riego y uso del mejorador magnético sobre el desarrollo y rendimiento de la fresa.
7. Evaluar la influencia de la interacción calidad y cantidad de agua de riego y uso del mejorador magnético sobre el desarrollo y rendimiento de la fresa.

II. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1. Descripción botánica de la fresa

La fresa es una planta herbácea y de bajo porte (INIA, 2014). El sistema radicular es fasciculado, se compone de raíces y raicillas. Las primeras presentan cambium vascular y suberoso, mientras que las segundas carecen de este, son de color más claro y tienen un período de vida corto, de algunos días o semanas, en tanto que las raíces son perennes (Olivera, 2003).

Su tallo, llamado corona, es corto con yemas que producen guías o que forman inflorescencias (INIA, 2014).

Las hojas aparecen en roseta y se insertan en la corona. Son largamente pecioladas y provistas de dos estípulas rojizas. Su limbo está dividido en tres folíolos pediculados, de bordes aserrados, tienen un gran número de estomas ($300-400/\text{mm}^2$), por lo que pueden perder gran cantidad de agua por transpiración (Olivera, 2003). Las yemas axilares de las hojas nuevas dan origen a estolones de longitud y tamaño variable, según sean las condiciones de cultivo y variedad (INIA, 2014).

Las flores son generalmente perfectas o hermafroditas (INIA, 2014). Cada óvulo fecundado da lugar a un fruto de tipo aquenio. El desarrollo de los aquenios, distribuidos por la superficie del receptáculo carnoso, estimula el crecimiento y la coloración de este, dando lugar al “fruto” de la fresa. La parte comestible está constituida por el receptáculo carnoso que puede adoptar formas, color y tamaño variable (Olivera, 2003).

2.2. Requerimientos ambientales

2.2.1. Fotoperíodo y temperatura ambiental

Los dos factores climáticos predominantes que influyen en el crecimiento vegetativo, en la producción y en la calidad de fruto de una variedad son el fotoperíodo y la temperatura ambiental. La mayoría de las variedades pueden ser consideradas de día corto, inician la formación de yemas florales durante los días con 12 a 14 horas de luz y temperaturas de 15 a 18°C, promedio que se da en otoño e invierno en la costa, prosiguiendo luego el desarrollo

de yemas vegetativas y por lo tanto de estolones durante los días largos con más de 16 horas de luz y temperaturas más elevadas como las de verano (INIA, 2014).

2.2.2. Requerimiento nutricional

La fertilización se realiza según el análisis del suelo. El INIA (2014) recomienda para la costa central la dosis de 300 kg/ha de nitrógeno, 150 kg/ha de fósforo y 150 kg/ha de potasio que equivale a 13 sacos de urea, 7 sacos de superfosfato triple y 6 sacos de sulfato de potasio. La aplicación de nitrógeno se efectúa en forma fraccionada, en dos partes, la primera con el fósforo y el potasio en la preparación del terreno y, la segunda parte dos meses después de la primera aplicación (INIA, 2014).

2.3. Calidad del agua

Conceptualmente, la calidad del agua se refiere a las características de un suministro de agua que influirá en su idoneidad para un uso específico, es decir, cuan bien la calidad satisface las necesidades del usuario. La calidad se define por ciertas características físicas, químicas y biológicas. En la evaluación del agua de riego, se hace hincapié en las características químicas y físicas del agua y sólo raramente se consideran importantes otros factores (Ayers y Westcot, 1985).

El agua utilizada para riego puede variar mucho en calidad, dependiendo del tipo y cantidad de sales disueltas (Ayers y Westcot, 1985). Fipps (2003), además, menciona que en la mayoría de las situaciones de riego, la principal preocupación por la calidad del agua son los niveles de salinidad, ya que las sales pueden afectar tanto la estructura del suelo como el rendimiento del cultivo.

2.4. Problemas relacionados a la calidad de agua

Los problemas que resultan varían tanto en especie como en grado, y son modificados por el suelo, el clima y el cultivo, así como por la habilidad y los conocimientos del que la usa. Como resultado, no hay un límite establecido en la calidad del agua (Ayers y Westcot, 1985).

Los problemas de suelo más comúnmente encontrados y utilizados como base para evaluar la calidad del agua son los relacionados con la salinidad, la tasa de infiltración, la toxicidad y un grupo de otros problemas diversos (Ayers y Westcot, 1985).

2.4.1. Salinidad

La fresa es considerada un cultivo muy sensible a la salinidad (Bould et al., 1983), sin embargo los criterios de esta sensibilidad y la causa de los daños en la hoja son muchos y diferentes. Carter (1981) observó que los daños se deben básicamente al aumento de la conductividad eléctrica (CE) en el suelo demostrando que para la fresa, el umbral de CE en un extracto de saturación del suelo es de 1 dS/m^{-1} .

La lixiviación es la clave para controlar un problema de salinidad relacionado con la calidad del agua. Durante un período de tiempo, la eliminación de sal por lixiviación debe ser igual o superior a las adiciones de sal del agua aplicada para evitar que la sal se acumule hasta una concentración perjudicial. La cantidad de lixiviación requerida depende de la calidad del agua de riego y de la tolerancia a la salinidad del cultivo sembrado (Ayers y Westcot, 1985). Estos autores muestran una tabla de tolerancia de diferentes cultivos a la salinidad del agua, así para el caso de la fresa, indican que se debe obtener un rendimiento del 100, 90, 75 y 50 por ciento cuando se usa una CE_w de 0.7, 0.9, 1.2 y 1.7 mmhos/cm respectivamente.

2.4.2. Tasa de infiltración

El problema de infiltración relacionado a la calidad del agua ocurre cuando la tasa normal de infiltración, para el agua aplicada o lluvia, se reduce apreciablemente y el agua permanece en la superficie del suelo demasiado tiempo o se infiltra muy lentamente para suministrar al cultivo con agua suficiente y mantener rendimientos aceptables. Aunque la tasa de infiltración de agua en el suelo varía ampliamente y puede estar muy influenciada por la calidad del agua de riego, los factores del suelo como la estructura, el grado de compactación, el contenido de materia orgánica y la composición química también pueden influir mucho (Ayers y Westcot, 1985).

Los dos factores de calidad del agua más comunes que influyen en la tasa normal de infiltración normal son la salinidad del agua (cantidad total de sales en el agua) y su contenido de sodio en relación con el contenido de calcio y magnesio. Un agua de alta salinidad aumentará la infiltración. Un agua de baja salinidad o un agua con un alto contenido de sodio respecto al calcio, disminuirán la infiltración. Ambos factores pueden operar al mismo tiempo (Ayers y Westcot, 1985).

2.4.3. Toxicidad

El agua como solvente universal normalmente presenta concentraciones diferentes de iones. Estos iones en elevadas concentraciones pueden afectar el desarrollo de la planta lo cual se consideraría como efecto tóxico.

Los problemas de toxicidad ocurren si ciertos componentes (iones) en el suelo o en el agua son absorbidos por la planta y se acumulan a concentraciones suficientemente altas para causar daño a los cultivos o una reducción en los rendimientos. El grado de daño depende de la absorción y la sensibilidad del cultivo (Ayers y Westcot, 1985). Para el caso de la fresa; en hojas, se han observado toxicidades con concentraciones superiores a 0,1% de Na^+ y 0,5% de Cl^- (Ulrich et al., 1980). Los ensayos realizados por Barroso y Álvarez (1997) indican que Na_2SO_4 y NaHCO_3 no provocan efectos perjudiciales inmediatos en la fresa, mientras que las aguas cloradas (NaCl y KCl) causan fitotoxicidad. De esta manera, el quemado de las hojas se debe básicamente al aumento de la concentración de Cl^- foliar.

2.5. Cantidad de agua de riego necesaria en el cultivo de fresa

El riego adecuado del cultivo de fresa es esencial para mantener una plantación sana y productiva. La aplicación de agua de riego insuficiente resulta en estrés por sequía (Black et al., 2008). Con un estrés hídrico moderado (75 por ciento del agua requerida), el área foliar puede ser menos de la mitad del área de las plantas bien regadas después de un período de cuatro meses. El riego excesivo puede contribuir a la lixiviación de nutrientes y al desarrollo de enfermedades (El-Farhan y Pritts, 1997).

El objetivo de un programa de riego bien administrado es mantener la humedad del suelo entre la capacidad de campo y el punto de agotamiento permisible, es decir, asegurarse de que siempre haya agua disponible. Para las fresas, la cantidad de agotamiento permisible, o el agua fácilmente disponible representa aproximadamente el 50 por ciento del total de agua disponible en el suelo (Black et al., 2008).

El régimen de riego juega un importante rol en el crecimiento y rendimiento de fresa (Borin y Ferrarese, citado por Strabbioli 1988). El requerimiento estacional de agua está relacionado con el ambiente, el tiempo de maduración y los rasgos varietales (Strabbioli, 1988).

La Comisión Nacional del Agua de México manifiesta que el cultivo de fresa tiene una demanda de $12\ 546\ \text{m}^3/\text{ha}$ durante su ciclo (CNA, 2005), sin embargo Vázquez-Gálvez et al.

(2008) mencionan que el agricultor generalmente abusa de este recurso aplicando cantidades muy por arriba de las calculadas, ya sea por desconocimiento o por considerar que con una mayor cantidad de agua se obtienen mayores rendimientos y se controlan mejor las plagas como la araña roja. Además informan que de acuerdo a los datos de la CNA (2005) y del Distrito de Desarrollo Rural 088 (2004) en Zamora el cultivo de la fresa en riego por gravedad tiene un índice de productividad de 2.31 m³/ kg de fruta producida, pero según información proporcionada por algunos productores de fresa existe la posibilidad de mejorarlo hasta tres veces con sistemas de producción más eficientes en el uso del agua como el riego por goteo.

Estudios realizados por León et al. (2003) muestran que la mayor dosis hídrica que se aplicó al cultivo de fresa ocurrió en la fase de maduración-cosecha como también fue significativa la dosis en la primera etapa. Por ello indican que es un cultivo que requiere alta humedad para su rápido establecimiento y así lograr plantas bien desarrolladas, además sugieren que lo más conveniente es aplicar pequeñas dosis con alta frecuencia, debido a las características de su sistema radicular que alrededor del 80 por ciento se sitúa entre los 10 y 15cm de profundidad.

2.6. Tratamiento magnético del agua en la agricultura

En condiciones normales (o de agua no magnética), los grupos de moléculas de agua son atraídos débilmente. Esta forma suelta y caótica de atracción predispone al agua a toxinas y contaminantes que viajan dentro del grupo de moléculas de agua. El tamaño más pequeño de estos grupos caóticos, algunos de ellos portadores de toxinas, pueden entrar en la célula con los consiguientes efectos nocivos. Por lo tanto, para hidratar una planta se requiere una gran cantidad de agua normal (Ali et al., 2014).

El tratamiento magnético del agua reestructura las moléculas de agua en grupos muy pequeños, cada uno compuesto de seis moléculas organizadas simétricamente. Este grupo pequeño y uniforme tiene estructura hexagonal así que puede entrar fácilmente en la membrana celular de la planta y del animal. Además, los agentes tóxicos no pueden entrar en la estructura del agua magnética. Estas características hacen del agua magnética sea un compuesto bio-amigable para las células vegetales y animales (Ali et al., 2014).

Se han hecho algunas afirmaciones de que el tratamiento magnético del agua de riego puede mejorar la productividad del agua (Duarte Diaz et al., 1997). Por lo tanto, Maheshwari y

Grewal (2009) aseguran que si estas afirmaciones son válidas, hay alcance para el tratamiento magnético para ahorrar agua de los suministros y ayudar a hacer frente a la escasez hídrica en el futuro. Lin y Yotvat (1990) reportaron un aumento en la productividad del agua en la producción tanto de cultivos como de ganado con agua tratada magnéticamente. Algunos estudios han demostrado que hay un aumento en el número de flores, la precocidad y el rendimiento total de la fruta de la fresa y el tomate por la aplicación de campos magnéticos (Esitken y Turan, 2004).

Ali et al. (2014), mencionan que los estudios previos han demostrado que los efectos del tratamiento magnético varían con el tipo de planta y el tipo de agua de riego utilizada, y hay incrementos estadísticamente significativos en el rendimiento de la planta y en la productividad del agua (kg de producto fresco o seco por cada kilolitro de agua utilizada)

Varios estudios demostraron que el tratamiento magnético del agua influye en las propiedades moleculares y físico-químicas del agua que alteran su calidad (Cai et al., 2009). Los efectos del tratamiento magnético en el agua de riego incluyen el aumento del número de centros de cristalización y la alteración del contenido de gas libre. Ambos efectos mejoran la calidad del agua de riego. Los componentes importantes para el tratamiento magnético eficaz son el caudal a través del aparato y ciertos parámetros químicos del agua, a saber, dureza del agua carbonatada mayor a 50 mg/L y concentración de iones hidrogenados en agua a $\text{pH} > 7.2$ (Bogatin et al., 1999).

El agua bio-magnética es más solvente y tiene una tensión superficial más baja; por lo tanto, los nutrientes se absorben más en el agua (Esitken y Turan, 2004).

El agua magnética es el agua que se trata con campo magnético o pasa a través de un dispositivo magnético. Cuando el agua se magnetiza, cambian algunas propiedades que pueden alterar las características de la planta, el crecimiento y la producción (Ali et al., 2014).

Se ha reportado que el tratamiento magnético del agua modifica algunas de sus propiedades físicas y químicas, principalmente enlaces de hidrógeno, polaridad, tensión superficial, conductividad, pH y solubilidad de sales (Smikhina, 1981; Amiri y Dadkhah, 2006; Chang y Weng, 2008).

Hilal et al. (2013) informaron que la lixiviación del suelo con agua magnetizada aumentó significativamente el contenido disponible de fósforo (P) en el suelo en comparación con la lixiviación con agua normal en todas las profundidades del suelo (0-5, 5-15, 15-30 cm). Esto indicó que el agua magnetizada juega un papel importante en el aumento de la disponibilidad del P.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Localización del experimento

El presente trabajo de investigación se realizó en el Invernadero “SvenVillagarcía” del Departamento Académico de Suelos de la Facultad de Agronomía de la Universidad Nacional Agraria La Molina, ubicado en el distrito La Molina, situada en las coordenadas Sur: 12°04'55.63" y Oeste: 76°56'21.42" con una altitud de 246 m.s.n.m., temperatura promedio de 16°C y humedad relativa promedio de 80 por ciento.

3.2. Caracterización del suelo

El suelo utilizado en el ensayo es un suelo arenoso con 96 por ciento de arena, 2 por ciento de limo y 2 por ciento de arcilla, de muy buen drenaje.

Al inicio del experimento se realizó un análisis físico-químico del suelo que fue realizado por el Laboratorio de Suelos de la Universidad Nacional Agraria La Molina, cuyo resultado es presentado en el Cuadro 1.

Cuadro 1 Análisis físico-químico de una muestra de suelo de Cieneguilla

Determinación		Valor
pH (1.1)		7.82
C.E. (extr. sat.)	(dS/m)	0.44
CaCO ₃	(%)	0.40
M.O.	(%)	0.29
P disponible	(ppm)	0.80
K disponible	(ppm)	27.00
Arena	(%)	96.00
Limo	(%)	2.00
Arcilla	(%)	2.00
Clase Textural		Arena
CIC	cmol(p+) kg ⁻¹	4.80
Ca ⁺²	cmol(p+) kg ⁻¹	3.63
Mg ⁺²	cmol(p+) kg ⁻¹	0.72
K ⁺	cmol(p+) kg ⁻¹	0.21
Na ⁺	cmol(p+) kg ⁻¹	0.24
Al ⁺³ + H ⁺	cmol(p+) kg ⁻¹	0.00
Suma de cationes	cmol(p+) kg ⁻¹	4.80
Suma de bases	cmol(p+) kg ⁻¹	4.80
% Sat. De Bases	(%)	100.00

FUENTE: Laboratorio de suelos. Universidad Nacional Agraria La Molina.

Es una muestra de suelo ligera (arenosa), de reacción moderadamente básica, con bajo contenido de carbonatos y de materia orgánica, pero equilibrada con su contenido de arcilla. Presenta una baja capacidad de retención de agua y de cationes, ello es producto de su bajo contenido coloidal, con una saturación de bases del orden del 100 por ciento.

3.3. Fuentes de agua de riego

3.3.1. Agua de La Molina

El agua de La Molina se caracteriza por ser un tipo de agua con una alta conductividad eléctrica. Por ello antes de iniciar el ensayo se realizó el análisis químico correspondiente, cuyos resultados se muestran en el cuadro 2. Según el análisis este tipo de agua se clasifica con un nivel de salinidad muy alto, lo que significa que generalmente no es aceptable, excepto para plantas muy tolerantes a sales, donde se requiere excelente drenaje y lixiviación.

3.3.2. Agua desionizada

El agua desionizada que se utilizó en este ensayo se obtuvo del laboratorio de Suelos de la UNALM, el cual presenta un nivel muy bajo de conductividad eléctrica, por lo general menor a 0.3dS/m; sin embargo para los fines de investigación se procedió a realizar el análisis químico, cuyos resultados se muestran en el cuadro 2. Estos resultados muestran que el nivel de salinidad es muy bajo por lo que no se esperan efectos dañinos sobre las plantas y suelo.

3.4. Uso del mejorador magnético – Tecnología HDMR

El mejorador magnético (Figura 1) es un dispositivo que emplea tecnología hidromagnética que revitaliza y mejora el agua. Su objetivo principal es la mayor productividad, utilizando menor cantidad de agua.

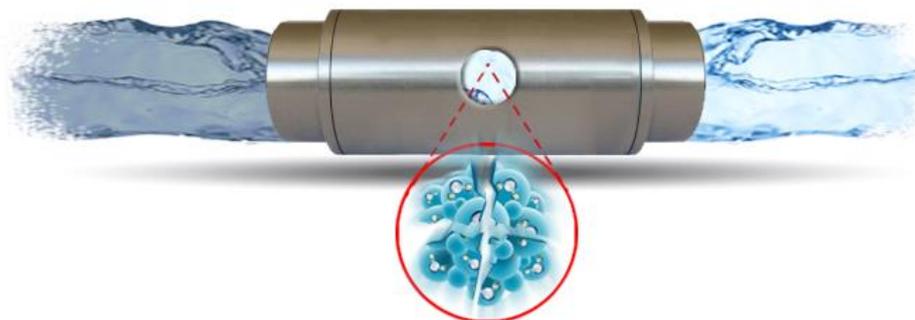


Figura 1 Mejorador magnético

Cuando el agua pasa por el interior de este dispositivo magnético, se rompe el conjunto de moléculas de agua para ser reordenadas y agrupadas en forma hexagonal, de esta manera su ingreso a la célula es más eficiente (ver figura 2).

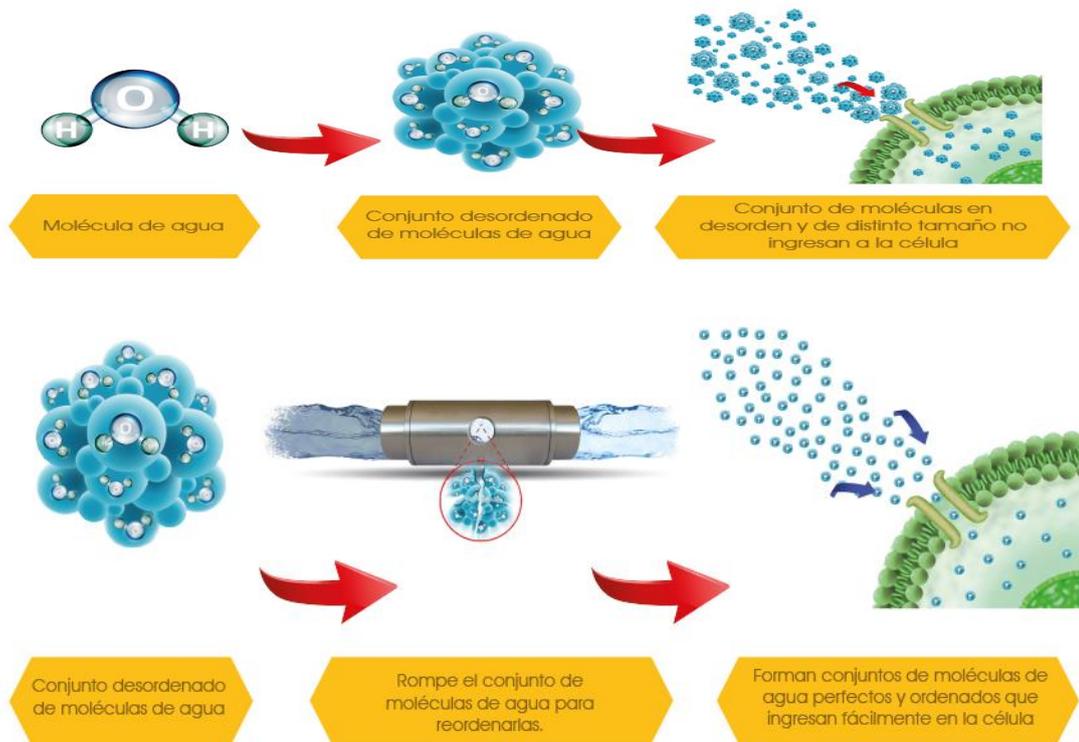


Figura 2 Representación del funcionamiento del mejorador magnético

3.4.1. Beneficios para la planta

Mejora la asimilación de nutrientes, el proceso de germinación, además optimiza las aplicaciones fitosanitarias y la energía para otros procesos y genera una mayor vida útil de la planta.

3.4.2. Beneficios para el agua

Rompe la tensión superficial, reestructura las agrupaciones de moléculas de agua, genera mayor oxigenación y solubilización, convierte al agua menos viscosa y más ligera.

Para el presente ensayo se realizó el análisis de agua de La Molina y desionizada filtrada por el mejorador magnético, cuyos resultados se pueden observar en el cuadro 2.

Cuadro 2 Análisis químico de los tipos de agua con y sin HDMR

Determinación	Agua de La Molina	Agua de La Molina - HDMR	Agua desionizada	Agua desionizada - HDMR
pH	7.55	7.57	3.23	3.22
C.E. (dS/m)	3.37	3.38	0.17	0.17
Calcio (meq/L)	16.95	17.1	0.03	0.01
Magnesio (meq/L)	5.25	5.83	0.01	0.02
Potasio (meq/L)	0.25	0.23	0.00	0.01
Sodio (meq/L)	12.91	12.5	0.16	0.14
SUMA DE CATIONES	35.36	35.66	0.20	0.18
Nitratos (meq/L)	0.3	0.22	0.00	0.00
Carbonatos (meq/L)	0	0	0.00	0.00
Bicarbonatos (meq/L)	1.5	1.57	0.00	0.00
Sulfatos (meq/L)	13.58	13.75	0.00	0.00
Cloruros (meq/L)	20	20	0.66	0.66
SUMA DE ANIONES	35.38	35.54	0.66	0.66
Sodio (%)	36.51	35.05	80.91	83.63
RAS	3.87	3.69	1.25	1.38
Boro (ppm)	0.43	0.61	0.40	0.46
Clasificación	C4-S1	C4-S1	*	*

FUENTE: Laboratorio de suelos. Universidad Nacional Agraria La Molina.

Como se observa en el cuadro de resultados, el mejorador de agua, no altera la concentración de los elementos presentes en el agua original.

3.5. Establecimiento del cultivo de fresa

El establecimiento del cultivo se realizó el 19 de julio del 2107, durante el invierno. Se trasplantó fresas de la variedad “San Andreas”, provenientes del Centro de Investigación de Hidroponía y Nutrición Mineral de la Universidad Nacional Agraria La Molina. Se instalaron 36 unidades de macetas las cuales fueron llenadas con arena proveniente de Cieneguilla (origen aluvial), cuyas características de suelo se encuentran en el cuadro 1. La cantidad de arena presente en cada maceta fue de 4 kg. El trasplante se realizó con plántulas de 60 días, sembrando una planta por maceta, tratando de homogenizar las plántulas de acuerdo a la altura de las mismas.

3.6. Fertilización

Las aplicaciones de fertilizantes fueron diseñadas en base a lo recomendado por el Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA, 2004). Las dosis totales de nitrógeno (N), fósforo (P_2O_5) y potasio (K_2O) fueron aplicadas al suelo, en cantidades equivalentes a 200, 150 y 80ppm respectivamente, distribuidas de la siguiente manera:

- Antes del trasplante: 100, 150 y 10ppm de N, P_2O_5 y K_2O respectivamente.
- Agosto: 50 y 20ppm de N y K_2O respectivamente.
- Setiembre: 50 y 50ppm de N y K_2O respectivamente.

3.7. Aplicaciones fitosanitarias

Durante el experimento se tuvo que realizar una aplicación de azufre en polvo para eliminar la presencia de oidium que se manifestó dos semanas después de la siembra aproximadamente. Posteriormente, durante la fructificación, se realizó una aplicación del fungicida cercovin para contrarrestar la presencia de botrytis en los frutos.

3.8. Prácticas culturales

En general, las labores agronómicas del cultivo fueron manejadas de la misma manera en cada unidad experimental, con la finalidad de no afectar los tratamientos.

3.9. Riego

La frecuencia de riego fue inter-diaria, y la cantidad de agua aplicada dependió de los niveles de humedad de suelo establecidos en cada tratamiento.

3.10. Cosecha

Las cosechas se realizaron a partir del 6 de octubre al 6 de noviembre del 2017 y se determinaron peso fresco y seco, además se contabilizó el número de frutos por planta, su diámetro polar y ecuatorial.

3.11. Unidades experimentales

Se establecieron 36 unidades experimentales. Cada unidad experimental estuvo representada por una maceta que contenía solo una planta de fresa.

3.12. Tratamientos

Se utilizaron dos tipos de agua, el agua de La Molina con un nivel alto de salinidad y el agua desionizada, con casi nula carga iónica.

Los niveles de humedad del suelo se determinaron en base a la capacidad de campo (CC) siendo estas, 100%CC, 80%CC Y 60%CC.

La capacidad de campo del suelo se determinó a través del riego saturado de 4 macetas llenas con 4kg de arena. Una vez que empezó a salir gotas de agua de la parte inferior de la maceta, se detuvo el riego. Luego se procedió a pesar las macetas cuando ya no caían gotas de agua de la maceta. Se promedió el contenido de agua en las 4 macetas evaluadas y se determinó la cantidad de agua que llevaba a la capacidad de campo el suelo que fue 906ml en promedio.

Se empleó el mejorador magnético en ambos tipos de agua y niveles de humedad del suelo para comparar su efecto con los tratamientos que no pasaron el filtro del mejorador magnético.

La combinación de los dos tipos de agua, tres niveles de humedad del suelo y el uso y no uso del mejorador magnético establecieron 12 criterios de manejo del cultivo de fresa, los que fueron considerados como tratamientos experimentales, detallados a continuación.

Cuadro 3 Tratamientos experimentales

Clave	Tipo de agua	Cantidad de agua	Mejorador magnético
LM100sm	La Molina	100%	Sin
LM80sm	La Molina	80%	Sin
LM60sm	La Molina	60%	Sin
D100sm	Desionizada	100%	Sin
D80sm	Desionizada	80%	Sin
D60sm	Desionizada	60%	Sin
LM100cm	La Molina	100%	Con
LM80cm	La Molina	80%	Con
LM60cm	La Molina	60%	Con
D100cm	Desionizada	100%	Con
D80cm	Desionizada	80%	Con
D60cm	Desionizada	60%	Con

La distribución de los tratamientos, cada uno con 3 repeticiones, en las unidades experimentales se presenta en la Figura 3.

LM100 sm	LM80 sm	LM60 sm	D100 sm	D80 sm	D60 sm	LM100 cm	LM80 cm	LM60 cm	D100 cm	D80 cm	D60 cm
LM100 sm	LM80 sm	LM60 sm	D100 sm	D80 sm	D60 sm	LM100 cm	LM80 cm	LM60 cm	D100 cm	D80 cm	D60 cm
LM100 sm	LM80 sm	LM60 sm	D100 sm	D80 sm	D60 sm	LM100 cm	LM80 cm	LM60 cm	D100 cm	D80 cm	D60 cm

Figura 3 Distribución de los tratamientos

3.13. Variables evaluadas

3.13.1. Peso seco de cada componente

Se midió el peso seco de los frutos, hojas y peciolo, corona y raíces de la siguiente manera:

- **Frutos:** cada vez que se realizó la cosecha de frutos, se llevaron a la estufa, previamente identificados, a una temperatura de 60°C hasta llegar a peso constante. Luego se pesaron y se anotó el valor como peso seco. El peso seco considerado para este ensayo fue el promedio de todos los frutos que se recolectaron por tratamiento.
- **Hojas y peciolo, corona y raíz:** Al final del ensayo se procedió a separar cada componente y se llevó a la estufa, previamente identificados, a una temperatura de 60°C hasta llegar a peso constante. Luego se pesó y anotó el valor como peso seco.

3.13.2. Extracción total de nutrientes

Al finalizar el ensayo, se realizó la separación de componentes del cultivo de la fresa en: frutos, hojas y peciolo, raíces y corona, de los cuales los tres primeros fueron evaluados para determinar la extracción total de nutrientes.

i. Metodología para determinar N

Para la determinación de nitrógeno se utilizó el método micro Kjeldahl utilizando ácido sulfúrico.

ii. Metodología para determinar Macro y micronutrientes

El método se realizó por vía húmeda utilizando solución nítrica perclórica

3.13.3. Porcentaje de humedad

El porcentaje de humedad se midió por la diferencia entre la medición del peso fresco de cada componente y el peso seco de los mismos, tomando como base uniforme el peso fresco.

3.13.4. Producción

Al finalizar la cosecha se sumaron los pesos de los frutos cosechados durante la etapa de fructificación y se determinó el peso promedio por planta para cada tratamiento expresado en g/planta.

3.13.5. Número de frutos por planta

Se contó el número de frutos cosechados por planta, dos veces por semana, los mismos que fueron identificados en forma adecuada.

3.13.6. Peso del fruto

Se procedió a tomar el peso de los frutos cosechados en una balanza electrónica.

3.13.7. Calibre del fruto

Se utilizó un vernier para determinar el calibre (diámetro ecuatorial) de cada fruto cosechado.

3.13.8. Coeficiente de partición de biomasa (CPB)

El CPB nos indica el porcentaje de peso que tiene cada componente en relación con el peso total de la planta y es de suma importancia para conocer cómo se distribuyen los fotosintatos en la planta. Se determinó de la siguiente manera:

$$CPB = \frac{\text{Peso seco del componente}}{\text{Peso seco total}}$$

Peso seco del componente correspondiente (Hojas y peciolo, corona, frutos y raíces)

3.13.9. Determinación de la eficiencia en el uso del agua (EUA)

Para la determinación de esta variable se contabilizó el agua gastada a lo largo del experimento para cada uno de los tratamientos. De esta manera la EUA se determinó al dividir el rendimiento promedio de fresa (kg/planta) por tratamiento entre el consumo de agua promedio (L/planta) con la siguiente fórmula:

$$EUA = \frac{\textit{kg obtenidos de las plantas de cada tratamiento}}{\textit{L utilizados de agua}}$$

3.14. Diseño Experimental

Se utilizó un diseño completamente al azar con arreglo factorial de dos tipos de agua, tres niveles de humedad del suelo y el uso del mejorador magnético.

Los resultados obtenidos en el ensayo fueron sometidos a un análisis de varianza, para un diseño factorial de 2x3x2 x3 repeticiones y cuando existieron diferencias significativas ($P < 0.05$) se utilizó la prueba de comparación de medias de Waller-Duncan.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIONES

A partir de los resultados encontrados, aceptamos la hipótesis nula que establece que el agua, determinada por su cantidad y calidad, afecta el desarrollo de la fresa y su rendimiento.

Estos resultados guardan relación con lo que sostienen Kirschbaum et al. (2004) en plantas de fresa var. Chandler, quienes expresan que la producción, referida a gramos de fruta por planta, se vio afectada por la cantidad de agua aplicada siendo ello acorde con lo que en este estudio se ha obtenido.

4.1. Peso seco de cada componente de la fresa

4.1.1. Efecto del tipo de agua

De acuerdo al análisis estadístico y comparación de medias (Duncan 0.05) se puede observar que existe diferencia significativa en el peso seco de los frutos, raíz y, hojas y peciolo siendo el agua desionizada la que generó los valores más altos equivalentes a 12.91, 4.17 y 17.68g respectivamente, sin embargo el tipo de agua no tuvo efecto significativo sobre el peso seco de la corona (figura 4). También se puede apreciar que las hojas y peciolo acumularon mayor peso seco respecto de los demás componentes (figura 4).

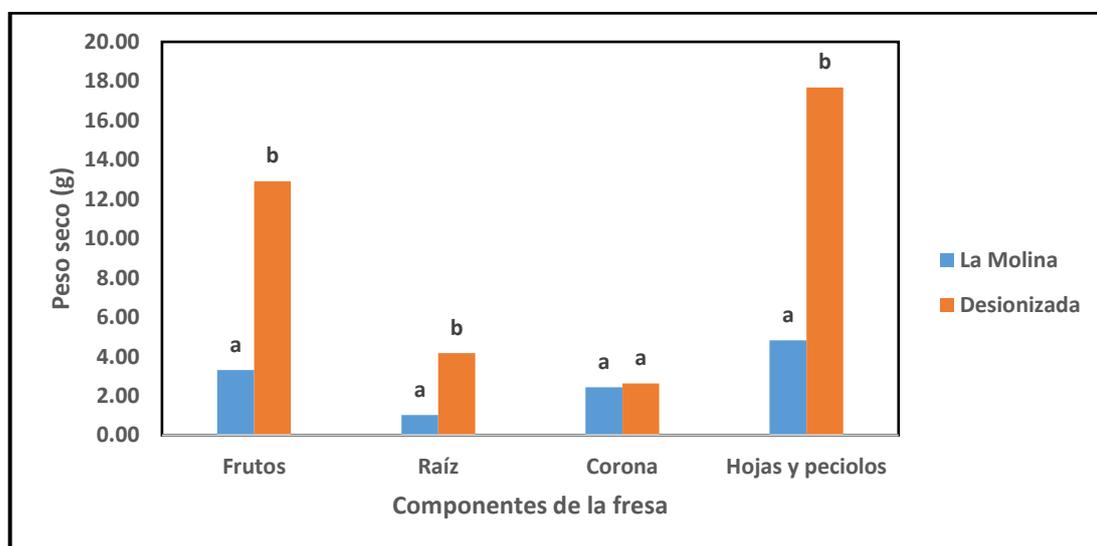


Figura 4 Peso seco de los componentes de la fresa sometidos a dos tipos de agua. Promedios con letras distintas indican diferencia significativa según la prueba de Duncan ($P > 0.05$)

La fresa es considerada un cultivo muy sensible a la salinidad (Bould et al., 1983). Esto puede explicar la disminución del peso seco de los componentes al usar el agua de La Molina ya que este tipo de agua es considerado altamente salino que presenta un pH de 7.6 y una presencia de cloruros de 20meq/L en comparación con el agua desionizada que tiene 3.2 de pH y 0.66meq/L de cloruros. La salinidad provoca menor disponibilidad de agua libre, es decir su eficiencia va a ser menor. Estos resultados son reforzados por los obtenidos por Kaya et al (2002), que al evaluar peso seco en fresa cultivar Oso Grande, encontró que las unidades experimentales sometidas a un tratamiento con pH de 8.5 y 35mM de cloruro de sodio, presentes en la solución nutritiva, tuvieron menor peso seco total equivalente a 15.3g frente al tratamiento con pH de 5.5 y 0mM de cloruro de sodio que generó 35.2g de materia seca total. Sin embargo, Keutgen y Keutgen (2003) obtuvieron valores de materia seca similares en los cultivares de fresa Elsanta y Korona al aplicar diferentes niveles de cloruro de sodio (0, 48 y 80meq/L) al agua de riego.

4.1.2. Efecto del nivel de humedad del suelo

El efecto de los niveles de humedad del suelo influyó en la acumulación de masa seca de hojas y peciolo, y frutos, ya que se presentaron diferencias significativas entre tratamientos, de acuerdo a la comparación de medias de la prueba Duncan (0.05). La producción de materia seca en el caso de hojas y peciolo así como de los frutos no presentaron diferencias significativas para los niveles de riego de 80 y 100% de la capacidad de campo (CC), pero si fueron superiores con respecto al nivel de riego de 60%. El nivel de humedad del suelo de 80%CC presentó mayor valor en la masa seca de hojas y peciolo con 14.29g, mientras que el nivel de humedad del suelo de 60%CC obtuvo el menor valor en hojas y peciolo con 6.89g (Figura 5). Asimismo no se presentaron diferencias significativas en el peso seco de la raíz y la corona en los tres niveles de humedad del suelo.

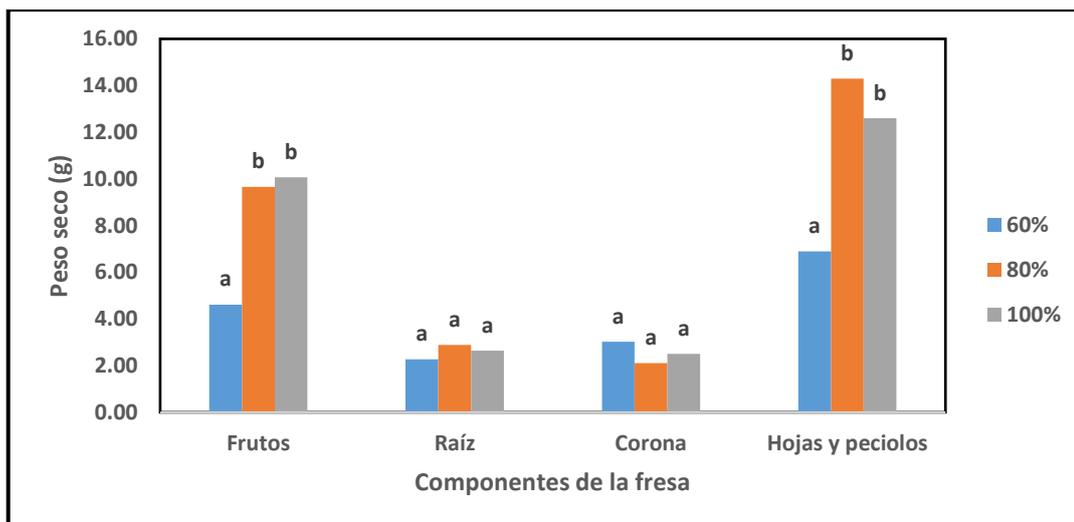


Figura 5 Peso seco de los componentes de la fresa sometidos a tres niveles de humedad del suelo.

Promedios con letras distintas indican diferencia significativa según la prueba de Duncan ($P > 0.05$)

Los resultados encontrados pueden deberse a que con una mayor humedad del suelo se incrementa la actividad de las raíces, haciendo más eficiente el proceso de transporte de nutrientes a través de xilema y floema. Como consecuencia, las hojas reciben más agua y nutrientes y aumentan su crecimiento (Álvarez-Herrera et al., 2010), razón por la cual se registra el incremento de peso seco en las hojas y peciolo (Álvarez-Herrera et al., 2008). Sin embargo el nivel de humedad del suelo al 100% presentó un valor menor de peso seco de hojas y peciolo respecto del nivel de humedad 80% (Figura 5). Este resultado puede ser explicado con lo que mencionan Baracaldo et al. (2014) en tomate, quienes sustentan que los excesos de agua estresan a las raíces, por lo que hay mayor síntesis de etileno y menor suministro de fitorreguladores como citoquininas y giberelinas al tallo disminuyendo acumulación de biomasa.

A pesar de que hubo diferencias respecto al peso seco de hojas y peciolo, no hubo diferencias significativas en el peso seco de raíces en los tres niveles de humedad (Figura 5). Esto coincide con lo evaluado por Westervelt (2003) en romero, quien encontró que el nivel de humedad del suelo no influyó en la biomasa seca de raíces, pero los niveles de humedad más altos generaron mayor parte aérea.

4.1.3. Efecto del uso de la tecnología HDMR

De acuerdo al análisis estadístico y la prueba de Duncan (0.05), a excepción del peso seco de la corona, el tratamiento magnético no tuvo efecto significativo sobre el peso seco de frutos, hojas y peciolo, y raíz, tal como se aprecia en la figura 6.

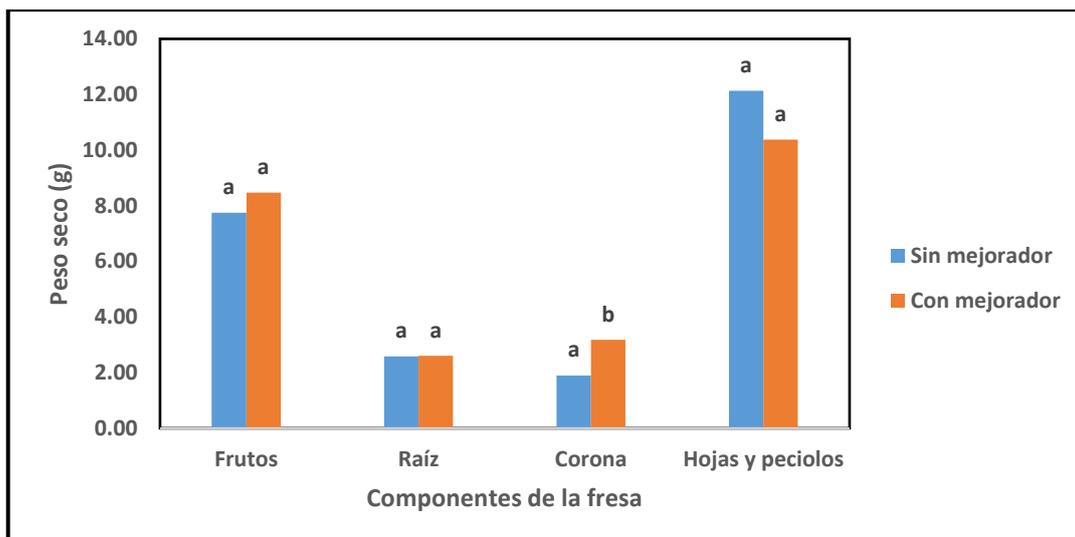


Figura 6 Efecto del uso de la tecnología HDMR sobre el peso seco de los componentes de la fresa.

Promedios con letras distintas indican diferencia significativa según la prueba de Duncan ($P > 0.05$)

De la misma manera, Maheshwari y Grewal (2009) no encontraron diferencias significativas en el peso seco de la raíz de los cultivos de apio y arvejas, al evaluar el efecto del tratamiento magnético en diferentes calidades del agua de riego. Asimismo, Turker et al. (2007) reportaron un efecto no significativo del campo magnético en el peso seco del tallo y hojas en las plantas de maíz.

4.1.4. Efecto de la interacción tipo de agua y nivel de humedad del suelo

De acuerdo al análisis estadístico y la comparación de medias según la prueba de Duncan (0.05), los tres niveles de humedad del suelo generaron valores mayores de peso seco de hojas y peciolo, frutos y raíces utilizando agua desionizada frente a los tratamientos que utilizaron agua de La Molina. Así utilizando el agua desionizada para el riego a un nivel de humedad del suelo del 80% se obtuvieron los valores más altos de peso seco de frutos, hojas y peciolo, y raíces con 16.92, 22.55 y 4.39g/planta respectivamente. Por el contrario el peso seco de la corona tuvo mayor valor al utilizar el agua de La Molina a un nivel de humedad del suelo del 60% con 3.61g/planta siendo este valor estadísticamente similar al obtenido por usar agua desionizada a un nivel de humedad del suelo del 80% con 3.10g/planta (ver figura 7).

Estos resultados demuestran que el agua desionizada al no ser un agua salina favorece la absorción de agua en la planta, ya que como lo menciona Carter (1981), el aumento de la conductividad eléctrica en el suelo provoca daños en el desarrollo de fresa, demostrando que

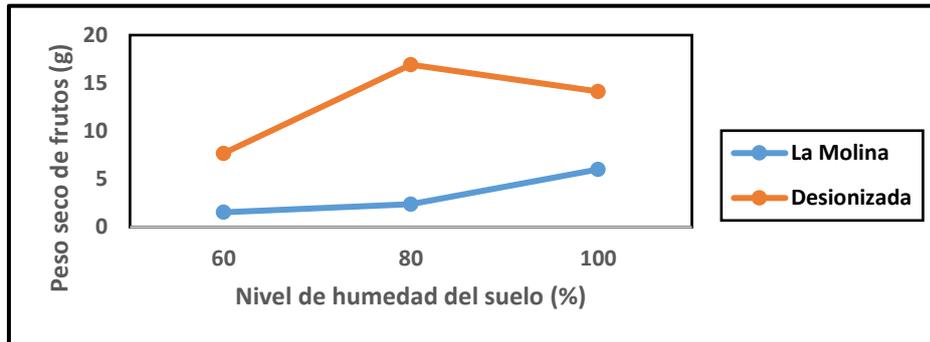
para la fresa, el umbral de CE en un extracto de saturación del suelo es de 1 dS/m^{-1} , valor que se ve altamente afectado por la calidad de agua utilizada. Sin embargo el 100% de humedad del suelo no generó los valores más altos en peso seco, esto se puede explicar con lo que menciona El-Farhan y Pritts (1997) que riego excesivo puede contribuir a la lixiviación de nutrientes

4.1.5. Efecto de la interacción tipo de agua y uso de la tecnología HDMR

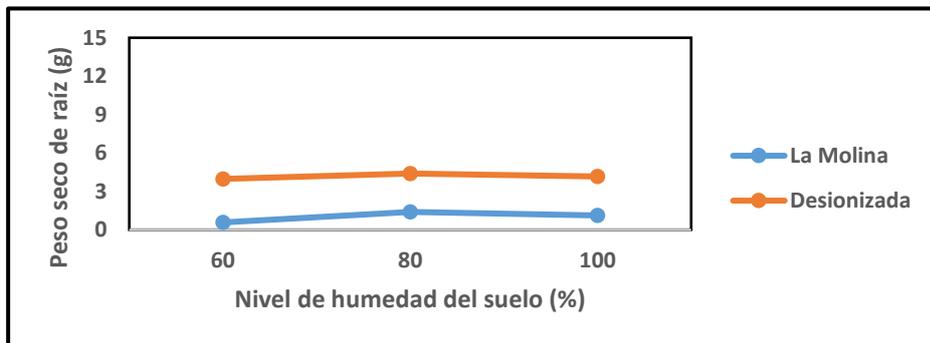
De acuerdo a las comparaciones de medias y el análisis estadístico, se puede observar en la figura 8 que el uso del mejorador magnético no tuvo efecto significativo sobre el peso seco de frutos, hojas y peciolas y, raíces en los dos tipos de agua; sin embargo el agua desionizada sin filtrar por el mejorador magnético generó los mayores valores en el peso seco de hojas y peciolas y, raíces con 19.47 y 4.29g/planta, por el contrario el peso seco de los frutos fue mayor al utilizar el mejorador magnético en el agua desionizada con un valor de 13.69g/planta. El peso seco de la corona si se vio afectada por la interacción del tipo de agua y el uso del mejorador magnético siendo el valor más alto equivalente a 4.04g/planta cuando se utilizó el agua de La Molina filtrada por el mejorador magnético.

Estos resultados confirman los efectos positivos del uso de agua de riego desionizada en la acumulación de peso seco, además Ayers y Westcot (1985) muestran una tabla de tolerancia a la salinidad del agua, así para el caso de la fresa una conductividad eléctrica mayor a 0.7 dS/m provoca rendimientos menores al 100%. En el caso del tratamiento magnético, Ali et al. (2014), mencionan que los estudios previos han demostrado que los efectos del tratamiento magnético varían con el tipo de planta y el tipo de agua de riego utilizada. En esta variable analizada, el mejorador magnético no tuvo efecto significativo.

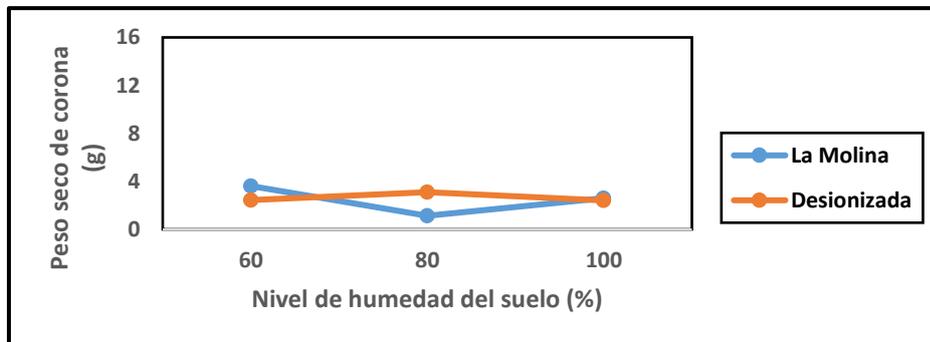
1.



2.



3.



4.

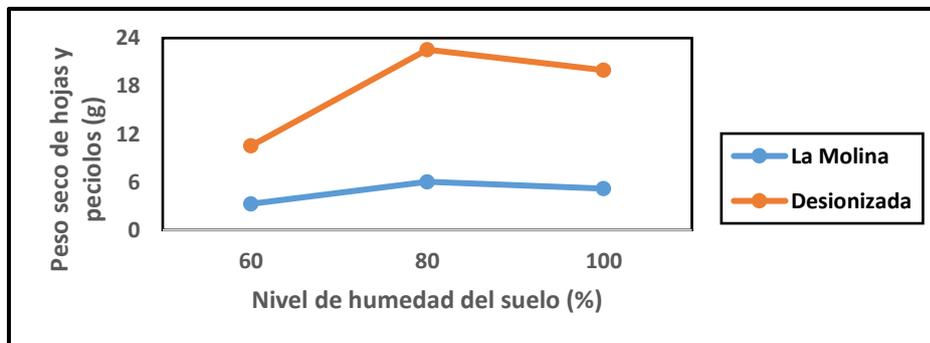
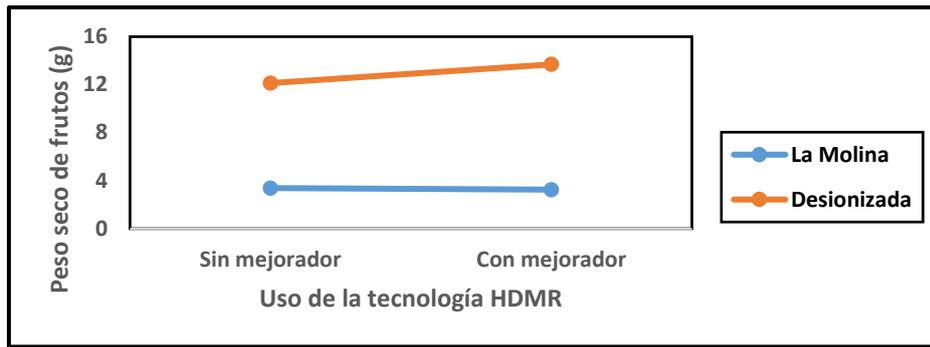
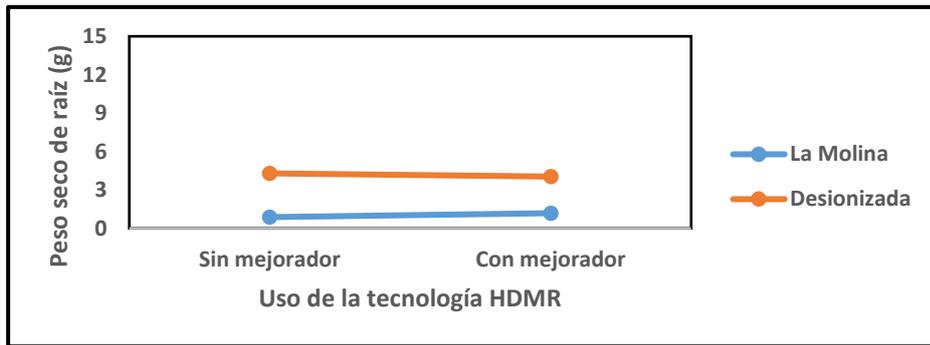


Figura 7 Peso seco de frutos (1), raíz (2), corona (3) y, hojas y peciolo (4) sometidos a tres niveles de humedad del suelo y dos tipos de agua de riego.

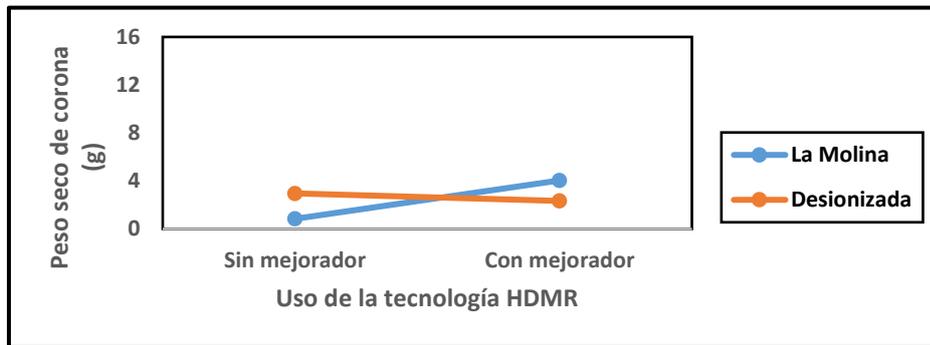
1.



2.



3.



4.

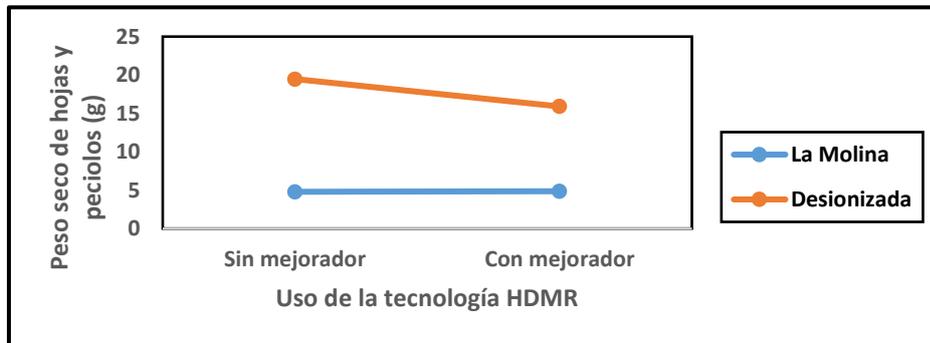


Figura 8 Peso seco de frutos (1), raíz (2), corona (3) y, hojas y peciolos (4) sometidos a dos tipos de agua de riego y al efecto del uso de la tecnología HDMR.

4.1.6. Efecto de la interacción nivel de humedad y uso de la tecnología HDMR

Conforme a la comparación de medias de la prueba de Duncan (0.05), se observa en la figura 9 que no existe efecto significativo del uso del mejorador magnético en los tres niveles de humedad del suelo sobre el peso seco de los frutos, sin embargo la curva lineal tiende a aumentar con una mayor humedad del suelo, siendo así que el mayor valor se obtiene al usar el mejorador magnético y el 100% de humedad equivalente a 10.61g/planta.

Respecto al peso seco de raíces no hubo efecto significativo del mejorador magnético ni del nivel de humedad del suelo.

El peso seco de la corona fue estadísticamente igual en los tres niveles de humedad cuando no se usó el mejorador magnético. En cambio cuando se utilizó el mejorador magnético el valor más alto del peso seco de la corona se obtuvo con el nivel más bajo de humedad del suelo (60%) equivalente a 4.48g/planta.

Respecto al peso seco de las hojas y peciolo no hubo efecto significativo del uso del mejorador magnético a 60 y 80% de humedad del suelo, pero sí al 100% obteniéndose el mayor valor de peso seco cuando no se utilizó la tecnología HDMR equivalente a 15.34g/planta.

Ali et al (2014) manifiesta que cuando el agua se magnetiza, cambian algunas propiedades que pueden alterar las características de la planta, el crecimiento y la producción; sin embargo, estos resultados demuestran que para efectos de esta variable el uso de la tecnología HDMR no mejoró la disponibilidad y absorción del agua por la planta.

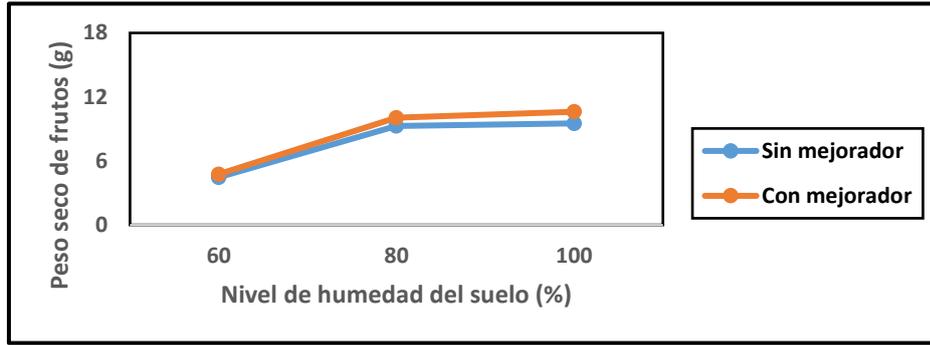
4.1.7. Efecto de la interacción tipo de agua, nivel de humedad del suelo y uso de la tecnología HDMR

Según el análisis estadístico y la comparación de medias, se observa que a excepción del peso seco de la corona, el uso del mejorador magnético no tuvo efecto significativo sobre los factores tipo de agua y nivel de humedad del suelo, por el contrario el tipo de agua si influyó sobre el nivel de humedad del suelo, siendo el agua desionizada la que obtuvo los valores más de peso seco en los frutos, hojas y peciolo y, raíces (ver figura 10).

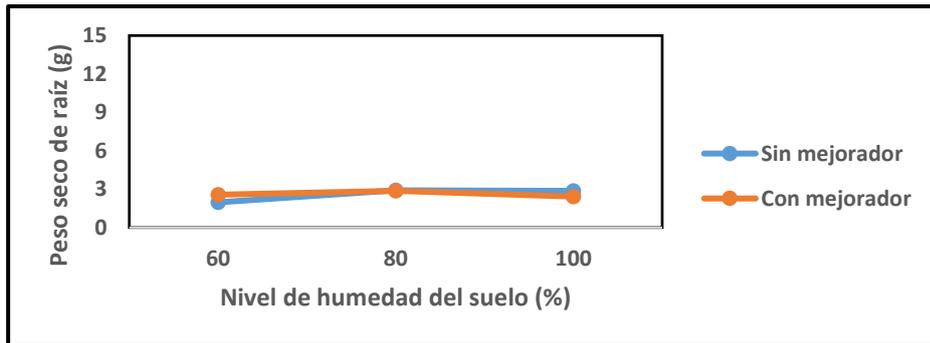
El agua utilizada para riego puede variar mucho en calidad, dependiendo del tipo y cantidad de sales disueltas (Ayers y Westcot, 1985). Asimismo León et al. (2003) mencionan que la fresa es un cultivo que requiere alta humedad para su rápido establecimiento y así lograr plantas bien desarrolladas. Lo mencionado por estos autores y los resultados de esta variable

demuestran que hay una relación positiva entre el tipo de agua y el nivel de humedad del suelo, así usando una fuente de agua con baja salinidad favorece el incremento de la masa seca cuando se usa un nivel de humedad del suelo mayor al 60%.

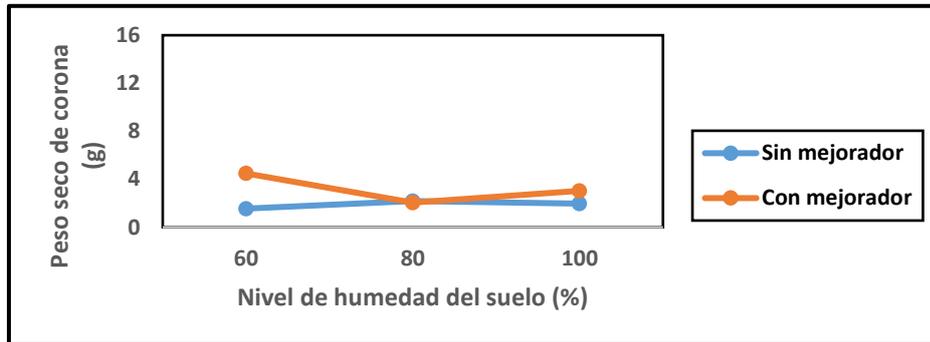
1.



2.



3.



4.

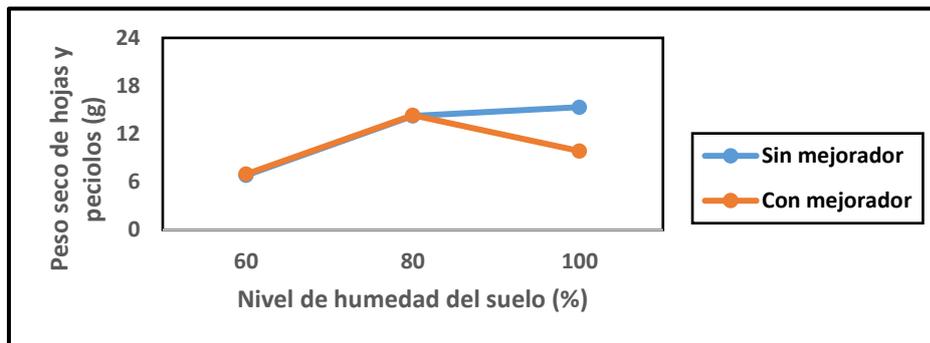
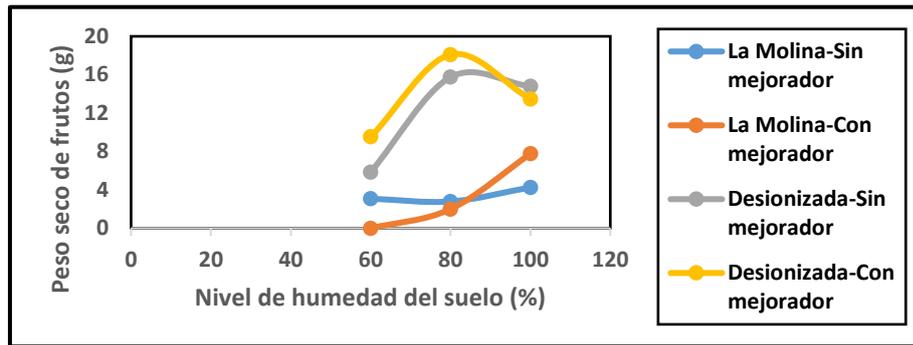
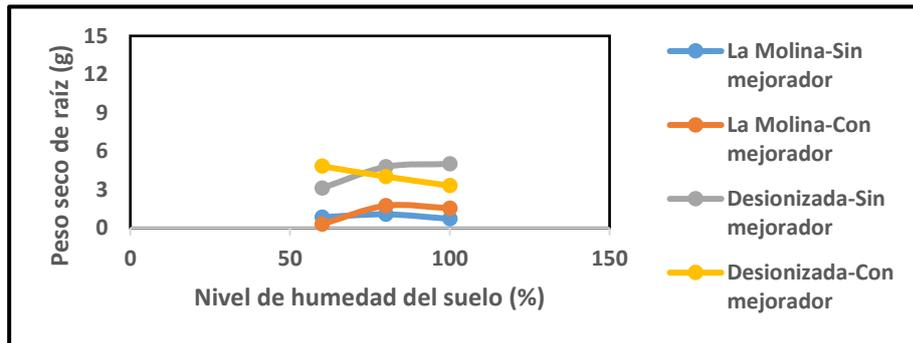


Figura 9 Peso seco de frutos (1), raíz (2), corona (3) y, hojas y peciolo (4) sometidos a tres niveles de humedad del suelo y al efecto del uso de la tecnología HDMR.

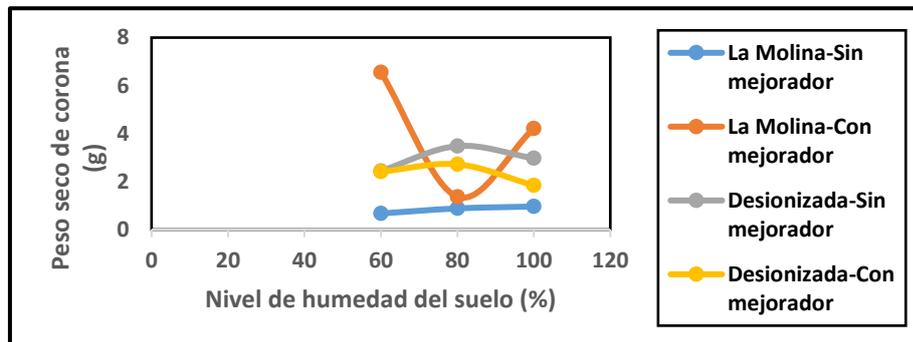
1.



2.



3.



4.

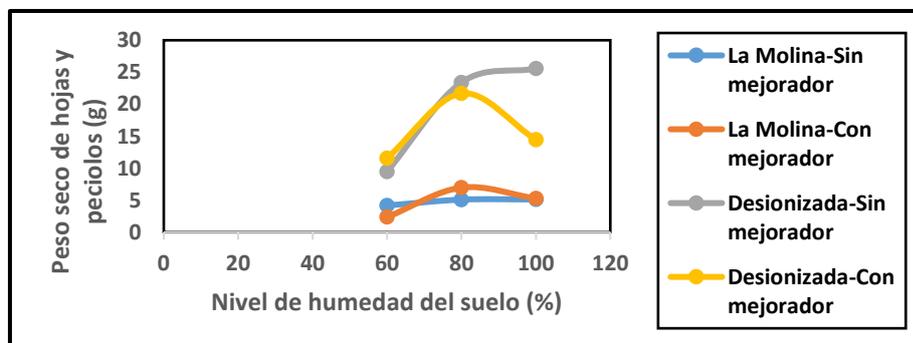


Figura 10 Peso seco de frutos (1), raíz (2), corona (3) y, hojas y peciolo (4) sometidos a dos tipos de agua de riego, tres niveles de humedad del suelo y al efecto del uso de la tecnología HDMR.

4.2.Extracción total de nutrientes

4.2.1. Efecto del tipo de agua

De acuerdo a la comparación de medias de la prueba de Duncan (0.05), la extracción total de macronutrientes (N, P, K, Ca, Mg y S) y micronutrientes (B, Cu, Mn, Fe y Zn) fueron afectados significativamente por el tipo de agua usado en el riego (Cuadro 4). Así, la extracción total de N por planta disminuyó de 33.53, 7.13 y 15.03% usando agua desionizada (0.17dS/m) a 8.17, 2.13 y 4.69% usando agua de La Molina (3.4dS/m) en las hojas y peciolo, raíz y frutos respectivamente. De la misma manera la extracción de P, K, Ca, Mg y S y los micronutrientes a un nivel bajo de salinidad fue mayor significativamente que a un nivel alto.

En el caso de la extracción de sodio, no se observa diferencia significativa en ambos tipos de agua en hojas y peciolo, sin embargo la extracción de Na por unidad de gramo (Cuadro 5) fue mayor en el agua de La Molina con un porcentaje de 0.15 y 0.10% que en el agua desionizada con un porcentaje de 0.05 y 0.03% en las hojas y peciolo y, en los frutos respectivamente.

Cuadro 4 Efecto del tipo de agua sobre la extracción total de nutrientes (%) en hojas y peciolo, raíz y frutos.

Nutriente	Extracción total de nutrientes (%)					
	Hojas y peciolo		Raíz		Frutos	
	La Molina	Desionizada	La Molina	Desionizada	La Molina	Desionizada
N	8.17a	33.53b	2.13a	7.13b	4.69a	15.03b
P	2.82a	9.28b	0.28a	0.89b	1.23a	2.86b
K	5.00a	23.48b	0.37a	1.67b	3.97a	14.39b
Ca	10.25a	33.89b	1.46a	4.62b	1.20a	3.07b
Mg	3.29a	10.13b	0.56a	2.13b	0.38a	1.39b
Na	0.69a	0.83a	0.17a	0.53b	0.36a	0.41b
S	0.84a	1.54b	0.35a	1.39b	0.32a	1.04b
B	406.28a	1567.63b	55.42a	165.84b	135.52a	482.56b
Cu	46.56a	145.68b	33.03a	60.48b	27.04a	50.66b
Mn	1820.37a	4190.94b	185.97a	509.98b	183.48a	445.90b
Fe	4438.92a	11092.64b	1791.07a	3950.68b	648.02a	5752.58b
Zn	517.77a	1464.49b	79.63a	295.07b	58.20a	148.70b

Cuadro 5 Extracción promedio de sodio en hojas y peciolo y, frutos expresado en porcentaje por unidad de gramo

Tratamientos	Extracción promedio de sodio (%/g)			
	Hojas y peciolo		Frutos	
	La Molina	Desionizada	La Molina	Desionizada
100sm	0.15	0.05	0.1	0.03
100cm	0.14	0.05	0.08	0.06
80sm	0.14	0.04	0.13	0.02
80cm	0.14	0.05	0.13	0.02
60sm	0.15	0.04	0.13	0.02
60cm	0.15	0.05	0	0.04
Promedio	0.15	0.05	0.10	0.03

Pirlak y Esitken (2004) evaluaron el efecto de dos niveles de salinidad en la concentración de N, P, K y Na en las hojas de fresa cultivar Fern (día neutro), encontrando que las extracciones de N, P, y K disminuyeron de 2.10, 0.57 y 4.70% con una CE de 2dS/m a 1.53, 0.45 y 1.42% con una CE de 5dS/m. Por el contrario la concentración de Na aumentó de 0.89 a 1.94% en CE de 2 y 5dS/m respectivamente.

De la misma manera, Kaya et al (2002) refuerza lo obtenido en este estudio al evaluar la concentración de potasio en fresa cultivar Oso Grande, donde los tratamientos sometidos a pH de 8.5 y 35mM de cloruro de sodio, presentes en la solución nutritiva, tuvieron menor concentración de K en las hojas equivalente a 385mM/kg frente a los tratamientos sometidos a un pH de 5.5 y 0mM de cloruro de sodio que concentraron 630mM/kg de K. Además, también evaluaron la concentración de Na, donde un incremento en la salinidad dio como resultado una mayor concentración de Na en hojas y raíces.

De la misma manera, Turhan y Eris (2005) evaluaron el efecto de diferentes concentraciones de NaCl sobre la concentración de micronutrientes (Fe, Zn, Cu y Mn) en las variedades Camarosa y Tioga de fresa, encontrando que los tratamientos sometidos a una concentración de NaCl mayor a 500mg/L disminuyeron su concentración de micronutrientes respecto a los tratamientos sometidos a niveles de NaCl menores a 500mg/L en ambas variedades de fresa.

4.2.2. Efecto del nivel de humedad del suelo

De acuerdo al análisis estadístico y comparación de medias (Duncan 0.05) se puede observar que hubo un efecto variado en la extracción de nutrientes en los componentes de la fresa (Cuadro 6). Sin embargo en la mayoría de nutrientes los valores más altos se obtuvieron a un 80% de humedad del suelo y los niveles más bajos al 60%, seguido por el 100%.

Respecto al Na, no hubo diferencias significativas en los niveles de humedad del suelo, sin embargo un menor nivel de humedad generaba mayor acumulación de Na en las raíces.

Cuadro 6 Efecto del nivel de humedad del suelo sobre la extracción total de nutrientes (%) en hojas y peciolo, raíz y frutos.

Nutriente	Extracción total de nutrientes (%)								
	Hojas y peciolo			Raíz			Frutos		
	60%	80%	100%	60%	80%	100%	60%	80%	100%
N	16.08a	24.49b	21.98ab	3.69a	6.03b	4.18a	7.48a	13.03b	9.08a
P	3.49a	7.93b	6.73b	0.51a	0.64a	0.61a	1.11a	2.19b	2.84c
K	8.15a	16.28b	18.29b	0.74a	0.93a	1.38b	4.45a	13.33c	9.76b
Ca	14.98a	26.83b	24.41b	2.79a	3.35a	2.98a	1.28a	2.63b	2.49b
Mg	4.13a	8.98c	7.03b	1.20a	1.40a	1.43a	0.39a	1.29c	0.98b
Na	0.49a	0.93b	0.88b	0.38a	0.34a	0.33a	0.23a	0.34b	0.58c
S	0.92a	0.93a	1.73b	0.87a	0.88a	0.87a	0.52a	0.64a	0.88b
B	603.24a	1167.24b	1190.38b	83.54a	117.83b	130.51b	223.68a	487.18b	216.26a
Cu	57.70a	115.59b	115.07b	39.12a	47.31ab	53.84b	21.61a	43.72b	51.23b
Mn	2317.18a	3889.98b	2809.81a	313.55a	377.88a	352.51a	199.19a	443.20c	301.68b
Fe	4929.31a	8379b	9989.04b	4559.68b	2078.53a	1974.43a	1934.68a	1340.28a	6325.96b
Zn	630.88a	1186.29b	1156.22b	186.64a	206.28a	169.14a	64.18a	133.95b	112.22b

Savé et al. (1993) analizaron el contenido de N en hojas y frutos de fresa cv. Chandler sometidas a dos regímenes de riego, no encontrando diferencias significativas en ambos componentes, sin embargo en el caso de los frutos el contenido de N disminuyó cuando fue sometido a estrés hídrico leve (-70kPa). Asimismo, Kirnak et al (2003), al evaluar fresa cv. Oso Grande y Camarosa, encontraron que un déficit hídrico mayor al 50% generó reducciones significativas en el contenido de N, P, K, Ca y Mg, en cambio al 100% de riego se obtuvieron los valores más altos de concentración de macronutrientes.

4.2.3. Efecto del uso de la tecnología HDMR

De acuerdo al análisis estadístico y la comparación de medias (Duncan 0.05), el uso de la tecnología HDMR tuvo un efecto variado en los componentes de la fresa (Cuadro 7). Así en el caso de las hojas y peciolo no hubo diferencias significativas en la extracción de N, Ca, Mg, Na, Mn y Zn mientras que en los demás nutrientes se obtuvo mayor extracción significativamente en los tratamientos que no usaron el mejorador magnético en el agua de riego. Respecto a la raíz, se observó diferencias significativas en la extracción de Cu, Fe y Zn más no en los demás nutrientes; la extracción de Cu y Fe aumentó de 39.23 y 2217.66ppm cuando no se usó el mejorador magnético a 54.28 y 3524.10ppm cuando se hizo uso de este dispositivo, por el contrario la extracción de Zn disminuyó de 221.03ppm cuando no se usó la tecnología HDMR a 153.68ppm cuando se usó este dispositivo. En el caso de los frutos, el uso del mejorador magnético favoreció el incremento de la extracción de macro y micronutrientes.

Cuadro 7 Efecto del uso de la tecnología HDMR sobre la extracción total de nutrientes (%) en hojas y peciolo, raíz y frutos.

Nutriente	Extracción total de nutrientes (%)					
	Hojas y peciolo		Raíz		Frutos	
	Sin mejorador	Con mejorador	Sin mejorador	Con mejorador	Sin mejorador	Con mejorador
N	23.62a	18.07a	4.41a	4.86a	8.53a	11.19b
P	6.77b	5.33a	0.57a	0.61a	1.71a	2.38b
K	16.28b	12.19a	1.13a	0.91a	7.66a	10.70b
Ca	23.06a	21.09a	2.84a	3.24a	1.91a	2.36b
Mg	7.02a	6.41a	1.34a	1.34a	0.71a	1.07b
Na	0.78a	0.75a	0.32a	0.38a	0.36a	0.41b
S	1.35b	1.03a	0.84a	0.90a	0.56a	0.81b
B	1133.80b	840.11a	106.29a	114.97a	292.59a	325.48a
Cu	111.94b	80.29a	39.23a	54.28b	36.64a	41.06a
Mn	3012.45a	2998.87a	317.57a	378.38a	289.29a	340.09a
Fe	9567.59b	5963.97a	2217.66a	3524.10b	1995.39a	4405.21b
Zn	1092.29a	889.97a	221.03b	153.68a	88.42a	118.48b

El Sayed, H. (2014), evaluó el efecto del agua tratada magnéticamente sobre la concentración de P, K, Ca y Na en semillas, hojas y raíces del cultivo de haba, encontrándose que los nutrientes evaluados aumentaron su concentración cuando se utilizó agua mejorada

magnéticamente en los tratamientos en los tres componentes. Estos resultados coinciden con lo encontrado en frutos.

Por otro lado, Maheshwari y Grewal (2009) evaluaron el efecto del tratamiento magnético del agua de riego sobre la concentración de Ca, Mg y Na en las vainas de la arveja, encontrando que usando agua potable para el riego, el tratamiento magnético disminuyó la concentración de Ca y Mg pero incrementó la concentración de Na. Lo mismo ocurrió usando como fuente de riego un agua salina de 500ppm. Estos resultados se asemejan a lo obtenido en este estudio en hojas y peciolo y raíces.

Ali et al. (2014) mencionan que el agua tratada magnéticamente aumenta la movilidad de nutrientes en el suelo y mejora la extracción y la absorción de P, K, N y Fe por las plantas. Esto se confirma con lo obtenido en esta investigación, donde el uso del mejorador magnético contribuyó al incremento de dichos nutrientes en los frutos.

4.2.4. Efecto de la interacción tipo de agua y nivel de humedad del suelo

De acuerdo al análisis estadístico y comparación de medias de la prueba de Duncan (0.05), se obtuvo diferencias significativas en la interacción del nivel de humedad con el tipo de agua. Sin embargo, el agua desionizada en interacción con el factor nivel de humedad del suelo tuvo mejor resultado que el agua de La Molina en hojas y peciolo, raíz y frutos. Además los valores más altos de extracción de nutrientes se obtuvo en su mayoría al nivel de humedad del suelo de 80% excepto en los nutrientes K, B y Fe para hojas y peciolo (Cuadro 8) y P, Mg, S y B para la raíz (Cuadro 9), en los cuales no hubo diferencia significativa con respecto al nivel de humedad del suelo de 100%.

En el caso del S la extracción fue mayor significativamente a un nivel de humedad del suelo de 100% en hojas y peciolo, lo mismo ocurrió con la extracción de P en raíz y S, Na y Fe en frutos (Cuadro 10).

Cuadro 8 Efecto del tipo de agua y el nivel de humedad del suelo sobre la extracción total de nutrientes de hojas y peciolo (%)

Nutriente	Extracción total de nutrientes de hojas y peciolo (%)					
	La Molina			Desionizada		
	60%	80%	100%	60%	80%	100%
N	8.45a	6.40a	9.65a	23.70b	42.58c	34.30c
P	1.70a	4.02ab	2.73a	5.28b	11.83c	10.73c
K	3.05a	6.20a	5.75a	13.25b	26.35c	30.83c
Ca	6.80a	12.50a	11.45a	23.15b	41.17c	37.37c
Mg	2.15a	4.27ab	3.47a	6.10b	13.70d	10.60c
Na	0.50ab	0.83c	0.75bc	0.48a	1.02c	1.00c
S	0.65a	0.83a	1.05a	1.18a	1.02a	2.42b
B	228.30a	546.62a	443.93a	978.18b	1787.87c	1936.83c
Cu	37.10a	50.80ab	51.78ab	78.30b	180.38c	178.35c
Mn	1562.75ab	2549.13bc	1349.23a	3071.62c	5230.83d	4270.38d
Fe	4609.45a	3248.68a	5458.63a	5249.17a	13509.32b	14519.45b
Zn	470.05a	552.63a	530.62a	791.72a	1819.95b	1781.82b

Cuadro 9 Efecto del tipo de agua y el nivel de humedad del suelo sobre la extracción total de nutrientes de la raíz (%)

Nutriente	Extracción total de nutrientes de la raíz (%)					
	La Molina			Desionizada		
	60%	80%	100%	60%	80%	100%
N	1.15a	3.13a	2.10a	6.23b	8.92c	6.25b
P	0.15a	0.42b	0.28ab	0.87c	0.87c	0.93c
K	0.15a	0.55a	0.40a	1.33b	1.32b	2.37c
Ca	1.15a	1.55a	1.68a	4.43b	5.15b	4.28b
Mg	0.30a	0.72a	0.67a	2.10b	2.08b	2.20b
Na	0.15a	0.17a	0.18a	0.60b	0.52b	0.47b
S	0.30a	0.40a	0.35a	1.43b	1.35b	1.38b
B	34.15a	71.98a	60.12a	132.93b	163.68bc	200.90c
Cu	20.30a	27.52a	51.27b	57.93b	67.10b	56.42b
Mn	126.50a	240.10a	191.32a	500.60b	515.65b	513.70b
Fe	4007.35b	555.37a	810.50a	5112.02c	3601.68b	3138.35b
Zn	57.00a	89.20a	92.70a	316.28c	323.35c	245.58b

Cuadro 10 Efecto del tipo de agua y el nivel de humedad del suelo sobre la extracción total de nutrientes de frutos (%)

Nutriente	Extracción total de nutrientes de frutos (%)					
	La Molina			Desionizada		
	60%	80%	100%	60%	80%	100%
N	3.45a	3.65a	6.97b	11.50c	22.42d	11.18c
P	0.75a	0.93ab	2.02c	1.47bc	4.75e	2.37d
K	2.00a	2.77a	7.13b	6.90b	23.90d	12.38c
Ca	0.75a	1.02a	1.83b	1.80b	4.25d	3.15c
Mg	0.15a	0.30a	0.70b	0.63b	2.28d	1.27c
Na	0.20a	0.33a	0.55b	0.25a	0.35a	0.62b
S	0.30a	0.28a	0.38a	0.73b	1.00c	1.38d
B	143.20a	126.10a	137.27a	304.15b	848.27c	295.25b
Cu	15.40a	19.77a	45.97b	27.82a	67.67c	56.48bc
Mn	143.20a	180.53ab	226.70ab	255.18b	705.87d	376.65c
Fe	472.80a	522.50a	948.77a	3396.55b	2158.05ab	11703.15c
Zn	35.40a	54.67ab	84.53bc	92.97c	213.23e	139.90d

Estos resultados pueden explicarse ya que el agua desionizada al ser un agua más limpia de sales que el de La Molina, tiende a retener menos nutrientes en el suelo y los hace más disponibles a la planta. Además el nivel de humedad al 80% genera mejores condiciones físicas al suelo, permitiendo a las raíces tener un mejor funcionamiento, desarrollo y absorción de agua y nutrientes ya que como lo mencionan León et al. (2003), lo más conveniente en fresa es aplicar pequeñas dosis de agua con alta frecuencia, debido a las características de su sistema radical que alrededor del 80% se sitúa entre los 10 y 15cm de profundidad.

4.2.5. Efecto de la interacción tipo de agua y uso de la tecnología HDMR

De acuerdo a la comparación de medias (Duncan 0.05) el efecto de la interacción del tipo de agua y el uso de la tecnología HDMR tuvo un efecto variado en la extracción de nutrientes en los tres componentes evaluados.

Así, para el caso de las hojas y peciolo y la raíz, el uso del mejorador magnético no tuvo un efecto positivo en la interacción con el tipo de agua, sin embargo los mayores valores de extracción de nutrientes se alcanzaron usando agua desionizada para el riego (Cuadro 11 y 12).

En el caso de los frutos, a excepción del Fe, el uso del mejorador magnético tuvo una interacción positiva con el agua desionizada generando mayor extracción de nutrientes. Por

el contrario, a excepción del B, el agua de La Molina no se vio afectada por el uso del mejorador magnético en la extracción de nutrientes (Cuadro 13)

Cuadro 11 Efecto del tipo de agua y el uso de la tecnología HDMR sobre la extracción total de nutrientes de hojas y peciolo (%)

Nutriente	Extracción total de nutrientes de hojas y peciolo (%)			
	Sin mejorador magnético		Con mejorador magnético	
	La Molina	Desionizada	La Molina	Desionizada
N	10.58a	36.67b	5.76a	30.39b
P	2.70a	10.83c	2.93a	7.73b
K	4.46a	28.11c	5.54a	18.84b
Ca	11.14a	34.97b	9.36a	32.82b
Mg	3.34a	10.70b	3.24a	9.57b
Na	0.69a	0.87a	0.70a	0.80a
S	0.89ab	1.81c	0.80a	1.27b
B	386.37a	1881.23c	426.20a	1254.02b
Cu	51.08a	172.81c	42.04a	118.54b
Mn	1755.04a	4269.86b	1885.70a	4112.03b
Fe	6037.14b	13098.04d	2840.70a	9087.24c
Zn	571.04a	1613.54c	464.49a	1315.44b

Cuadro 12 Efecto del tipo de agua y el uso de la tecnología HDMR sobre la extracción total de nutrientes de la raíz (%)

Nutriente	Extracción total de nutrientes de raíz (%)			
	Sin mejorador magnético		Con mejorador magnético	
	La Molina	Desionizada	La Molina	Desionizada
N	1.81a	7.00b	2.44a	7.27b
P	0.22a	0.91b	0.34a	0.87b
K	0.26a	2.00c	0.48a	1.34b
Ca	1.29a	4.39b	1.63a	4.86b
Mg	0.44a	2.24b	0.68a	2.01b
Na	0.09a	0.54c	0.24b	0.51c
S	0.29a	1.39b	0.41a	1.39b
B	39.81a	172.77b	71.02a	158.91b
Cu	23.29a	55.18bc	42.77b	65.79c
Mn	134.31a	500.83b	237.63a	519.13b
Fe	769.47a	3665.84bc	2812.68b	4235.52c
Zn	66.96a	375.10c	92.31a	215.04b

Cuadro 13 Efecto del tipo de agua y el uso de la tecnología HDMR sobre la extracción total de nutrientes de frutos (%)

Nutriente	Extracción total de nutrientes de frutos (%)			
	Sin mejorador magnético		Con mejorador magnético	
	La Molina	Desionizada	La Molina	Desionizada
N	4.86a	12.20b	4.52a	17.87c
P	1.33a	2.09b	1.13a	3.63c
K	4.57a	10.76b	3.37a	18.03c
Ca	1.34a	2.48b	1.06a	3.66c
Mg	0.38a	1.03b	0.39a	1.76c
Na	0.41ab	0.30a	0.31a	0.51b
S	0.42b	0.69c	0.22a	1.39d
B	173.36b	411.83c	97.69a	553.28d
Cu	26.73a	46.56b	27.36a	54.76b
Mn	211.31a	367.27b	155.64a	524.53c
Fe	730.39a	8080.03c	565.66a	3425.13b
Zn	62.13a	114.70b	54.27a	182.70c

La fresa al ser un cultivo sensible a la salinidad (Bould et al., 1983) responde mejor al uso del agua desionizada para el riego, además este tipo de agua favorece una mayor absorción de nutrientes. Por otro lado, el mejorador magnético para efectos de este estudio presentó mejores resultados en los frutos que en los otros componentes, lo cual desde el punto de vista de rendimiento es un resultado favorable. Esitken y Turan (2004), demostraron un rendimiento total en de la fruta de fresa y tomate por la aplicación de campos magnéticos.

4.2.6. Efecto de la interacción nivel de humedad y uso de la tecnología HDMR

De acuerdo a la comparación de medias según la prueba de Duncan (0.05) se obtuvo un efecto variado en la interacción del nivel de humedad con el uso de la tecnología HDMR.

Así en el caso de las hojas y peciolo y, frutos no hubo efecto significativo del uso del mejorador magnético a 60 y 80% de humedad del suelo. Sin embargo, al 100% de humedad del suelo se obtuvo mayor extracción significativa de nutrientes en hojas y peciolo cuando no se filtró el agua de riego por el mejorador magnético (Cuadro 14), en cambio en los frutos el uso del mejorador magnético a un 100% de humedad del suelo dio como resultado mayor extracción de nutrientes en comparación cuando no se usó esta tecnología (Cuadro 16).

La extracción de nutrientes en la raíz, en general no tuvo efecto significativo del mejorador magnético sobre el factor nivel de humedad del suelo (Cuadro 15).

Cuadro 14 Efecto del nivel de humedad del suelo y el uso de la tecnología HDMR sobre la extracción total de nutrientes de hojas y peciolo (%)

Nutriente	Extracción total de nutrientes de hojas y peciolo (%)					
	Sin mejorador magnético			Con mejorador magnético		
	60%	80%	100%	60%	80%	100%
N	16.30a	24.97ab	29.60b	15.85a	24.02ab	14.35a
P	3.85a	7.43b	9.02b	3.13a	8.42b	4.45a
K	7.98a	17.23b	23.63c	8.32a	15.32b	12.95ab
Ca	14.32a	24.35bc	30.50c	15.63ab	29.32c	18.32ab
Mg	4.25a	8.23b	8.58b	4a	9.73b	5.48a
Na	0.50a	0.82bc	1.02c	0.48a	1.03c	0.73ab
S	0.50a	0.82ab	2.73c	1.33b	1.03ab	0.73a
B	687.08ab	1236.77cd	1477.55d	519.40a	1097.72bcd	903.22abc
Cu	60.78a	116.53b	158.52c	54.62a	114.65b	71.62a
Mn	2336.82ab	3287.42ab	3413.12b	2297.55ab	4492.55c	2206.50a
Fe	6038ab	8389.75b	14275.03c	3820.62a	8368.25b	5703.05ab
Zn	672.55ab	1001.38b	1602.95c	589.22a	1371.20c	709.48ab

Cuadro 15 Efecto del nivel de humedad del suelo y el uso de la tecnología HDMR sobre la extracción total de nutrientes de la raíz

Nutriente	Extracción total de nutrientes de raíz (%)					
	Sin mejorador magnético			Con mejorador magnético		
	60%	80%	100%	60%	80%	100%
N	3.45a	6.02b	3.75a	3.93a	6.03b	4.60ab
P	0.43a	0.63b	0.63b	0.58ab	0.65b	0.58ab
K	0.73a	1.00a	1.65b	0.75a	0.87a	1.12a
Ca	2.28a	3.28a	2.95a	3.30a	3.42a	3.02a
Mg	1.08a	1.33a	1.62a	1.32a	1.47a	1.25a
Na	0.28a	0.40ab	0.27a	0.47b	0.28a	0.38ab
S	0.70a	0.83a	0.98a	1.03a	0.92a	0.75a
B	78.63a	108.83ab	131.40b	88.45ab	126.83b	129.62b
Cu	33.50a	42.10ab	42.10ab	44.73ab	52.52bc	65.58c
Mn	244.50a	345.63ab	362.58ab	382.60ab	410.12b	342.43ab
Fe	1969.28a	2147.25a	2536.43a	7150.08b	2009.80a	1412.42a
Zn	297.97c	199.18b	165.93b	75.32a	213.37b	172.35b

Cuadro 16 Efecto del nivel de humedad del suelo y el uso de la tecnología HDMR sobre la extracción total de nutrientes de los frutos

Nutriente	Extracción total de nutrientes de frutos (%)					
	Sin mejorador magnético			Con mejorador magnético		
	60%	80%	100%	60%	80%	100%
N	7.63a	12.77b	5.18a	7.32a	13.30b	12.97b
P	0.93a	2.73b	1.47a	1.28a	2.95b	2.92b
K	2.53a	13.73c	6.72b	6.37b	12.93c	12.80c
Ca	1.17a	2.48bc	2.08b	1.38a	2.78c	2.90c
Mg	0.22a	1.25c	0.65b	0.57b	1.33c	1.32c
Na	0.27ab	0.35bc	0.45c	0.18a	0.30abc	0.72d
S	0.42a	0.65b	0.60ab	0.62ab	0.63ab	1.17c
B	242.67a	435.03b	200.08a	204.68a	539.33c	232.43a
Cu	24.18a	41.27b	44.48b	19.03a	46.17bc	57.97c
Mn	184.17a	452.78b	230.92a	214.22a	433.62b	372.43b
Fe	908.63a	1169.72a	11137.28b	2960.72a	1510.83a	1514.63a
Zn	61.73a	110.32bc	93.20ab	66.63a	157.58d	131.23cd

Black et al. (2008) mencionan la aplicación de agua de riego insuficiente resulta en estrés por sequía, por ello en este estudio se observó que un incremento en el nivel de humedad del suelo mayor al 60% junto al uso del tratamiento magnético en el agua de riego favoreció la extracción de nutrientes en los frutos.

4.2.7. Efecto de la interacción tipo de agua, nivel de humedad del suelo y uso de la tecnología HDMR

De acuerdo al análisis estadístico y la comparación de medias (Duncan 0.05), se obtuvo un efecto variado de la interacción del tipo de agua, nivel de humedad del suelo y el uso de la tecnología HDMR sobre la extracción de nutrientes en los tres componentes evaluados. Sin embargo, los valores más altos de extracción de nutrientes se observaron a 80 y 100% de humedad del suelo, usando agua desionizada donde no hubo efecto significativo del mejorador magnético en hojas y peciolo (Cuadros 17 y 18) y, la raíz (Cuadros 19 y 20) pero sí en los frutos (Cuadros 21 y 22) a un nivel de humedad del suelo de 100%.

Cuadro 17 Efecto del nivel de humedad del suelo, uso de la tecnología HDMR y el tipo de agua sobre la extracción total de nutrientes de las hojas y peciolo 1

Extracción total de nutrientes de hojas y peciolo (%)						
Nutriente	La Molina					
	Sin mejorador magnético			Con mejorador magnético		
	60%	80%	100%	60%	80%	100%
N	9.90abcd	10.67abcd	11.17abcd	7.00ab	2.13a	8.13abc
P	2.00ab	3.17abc	2.93abc	1.40a	4.87abc	2.53ab
K	3.00a	4.53ab	5.83ab	3.10a	7.87ab	5.67ab
Ca	9.50ab	11.50ab	12.43ab	4.10a	13.50ab	10.47ab
Mg	2.80ab	3.60ab	3.63ab	1.50a	4.93abc	3.30ab
Na	0.60ab	0.70abc	0.77abc	0.40a	0.97bcd	0.73abc
S	0.60ab	0.70ab	1.37bc	0.70ab	0.97ab	0.73ab
B	296.10ab	438.03ab	424.97ab	160.50a	655.20abc	462.90abc
Cu	45.90ab	45.87ab	61.47ab	28.30a	55.73ab	42.10ab
Mn	1997.40abc	1731.73ab	1536a	1128.10a	3366.53bcd	1162.47a
Fe	7205.80bcd	2928.70ab	7976.93cd	2013.10a	3568.67abc	2940.33ab
Zn	512.90a	575.57a	624.67a	427.20a	529.70a	436.57a

Cuadro 18 Efecto del nivel de humedad del suelo, uso de la tecnología HDMR y el tipo de agua sobre la extracción total de nutrientes de las hojas y peciolo 2

Extracción total de nutrientes de hojas y peciolo (%)						
Nutriente	Desionizada					
	Sin mejorador magnético			Con mejorador magnético		
	60%	80%	100%	60%	80%	100%
N	22.70cd	39.27e	48.03e	24.70d	45.90e	20.57bcd
P	5.70bc	11.70d	15.10d	4.87abc	11.97d	6.37c
K	12.97bc	29.93e	41.43f	13.53bc	22.77de	20.23cd
Ca	19.13bc	37.20de	48.57e	27.17cd	45.13e	26.17cd
Mg	5.70bc	12.87d	13.53d	6.50bc	14.53d	7.67c
Na	0.40a	0.93bcd	1.27d	0.57ab	1.10cd	0.73abc
S	0.40a	0.93ab	4.10d	1.97c	1.10ab	0.73ab
B	1078.07cde	2035.50fg	2530.13g	878.30bcd	1540.23ef	1343.53de
Cu	75.67ab	187.20c	255.57d	80.93ab	173.57c	101.13b
Mn	2676.23abc	4843.10de	5290.23e	3467cd	5618.57e	3250.53bcd
Fe	4870.20abcd	13850.80e	20573.13f	5628.13abcd	13167.83e	8465.77d
Zn	832.20a	1427.20b	2581.23c	751.23a	2212.70c	982.40ab

Cuadro 19 Efecto del nivel de humedad del suelo, uso de la tecnología HDMR y el tipo de agua sobre la extracción total de nutrientes de la raíz 1

Extracción total de nutrientes de la raíz (%)						
Nutriente	La Molina					
	Sin mejorador magnético			Con mejorador magnético		
	60%	80%	100%	60%	80%	100%
N	1.80ab	2.30abc	1.33ab	0.50a	3.97bcd	2.87abc
P	0.20a	0.27ab	0.20a	0.10a	0.57bcd	0.37abc
K	0.20a	0.37a	0.20a	0.10a	0.73abc	0.60ab
Ca	1.30a	1.40a	1.17a	1.00a	1.70ab	2.20abc
Mg	0.40ab	0.57ab	0.37ab	0.20a	0.87ab	0.97b
Na	0.10ab	0.07a	0.10ab	0.20ab	0.27abc	0.27abc
S	0.30a	0.30a	0.27a	0.30a	0.50a	0.43a
B	36.10a	50.70a	32.63a	32.20a	93.27ab	87.60ab
Cu	23.50ab	22.20ab	24.17ab	17.10a	32.83abc	78.37f
Mn	110.00a	133.17a	159.77ab	143.00a	347.03bcd	222.87abc
Fe	732.50a	535.73a	1040.17a	732.50a	575.00a	580.83a
Zn	64.70a	64.47a	71.70a	49.30a	113.93a	113.70a

Cuadro 20 Efecto del nivel de humedad del suelo, uso de la tecnología HDMR y el tipo de agua sobre la extracción total de nutrientes de la raíz 2

Extracción total de nutrientes de la raíz (%)						
Nutriente	Desionizada					
	Sin mejorador magnético			Con mejorador magnético		
	60%	80%	100%	60%	80%	100%
N	5.10cde	9.73f	6.17de	7.37ef	8.10ef	6.33de
P	0.67cde	1.00ef	1.07f	1.07f	0.73def	0.80def
K	1.27cde	1.63e	3.10f	1.40de	1.00bcd	1.63e
Ca	3.27bcd	5.17e	4.73de	5.60e	5.13e	3.83cde
Mg	1.77cd	2.10cd	2.87e	2.43de	2.07cd	1.53bc
Na	0.47cd	0.73e	0.43cd	0.73e	0.30bcd	0.50d
S	1.10b	1.37bc	1.70c	1.77c	0.50a	1.07b
B	121.17bc	166.97d	230.17d	144.70bc	160.40c	171.63c
Cu	43.50bcd	62.00def	60.03def	72.37ef	72.20ef	52.80cde
Mn	379.00cde	558.10ef	565.40ef	622.20f	473.20def	462.00def
Fe	3206.07bc	3758.77bc	4032.70c	7017.97d	3444.60bc	2244.00ab
Zn	531.23d	333.90c	260.17bc	101.33a	312.80bc	231.00b

Cuadro 21 Efecto del nivel de humedad del suelo, uso de la tecnología HDMR y el tipo de agua sobre la extracción total de nutrientes de los frutos 1

Extracción total de nutrientes de los frutos (%)						
Nutriente	La Molina					
	Sin mejorador magnético			Con mejorador magnético		
	60%	80%	100%	60%	80%	100%
N	6.90bc	3.50ab	4.17b	0.00a	3.80ab	9.77c
P	1.50c	1.03bc	1.47c	0.00a	0.83abc	2.57d
K	4.00bc	3.37abc	6.33cd	0.00a	2.17ab	7.93d
Ca	1.50bc	1.17b	1.37b	0.00a	0.87ab	2.30cd
Mg	0.30ab	0.30ab	0.53bc	0.00a	0.30ab	0.87cd
Na	0.40c	0.37bc	0.47cd	0.00a	0.30bc	0.63de
S	0.60c	0.37bc	0.30abc	0.00a	0.20ab	0.47bc
B	286.40cd	114.40ab	119.27ab	0.00a	137.80b	155.27b
Cu	30.80bc	19.57bc	29.83bc	0.00a	19.97bc	62.10e
Mn	286.40c	181.37bc	166.17bc	0.00a	179.70bc	287.23c
Fe	945.60a	465.97a	779.60a	0.00a	579.03a	1117.93a
Zn	70.80bc	47.47b	68.13bc	0.00a	61.87bc	100.93cd

Cuadro 22 Efecto del nivel de humedad del suelo, uso de la tecnología HDMR y el tipo de agua sobre la extracción total de nutrientes de los frutos 2

Extracción total de nutrientes de la raíz (%)						
Nutriente	Desionizada					
	Sin mejorador magnético			Con mejorador magnético		
	60%	80%	100%	60%	80%	100%
N	8.37c	22.03e	6.20bc	14.63d	22.80e	16.17d
P	0.37ab	4.43e	1.47c	2.57d	5.07e	3.27d
K	1.07ab	24.10g	7.10cd	12.73e	23.70g	17.67f
Ca	0.83ab	3.80f	2.80de	2.77de	4.70g	3.50ef
Mg	0.13a	2.20f	0.77cd	1.13d	2.37f	1.77e
Na	0.13ab	0.33bc	0.43cd	0.37bc	0.37bc	0.80e
S	0.23ab	0.93de	0.90d	1.23e	1.07de	1.87f
B	198.93bc	755.67e	280.90c	409.37d	940.87f	309.60cd
Cu	17.57b	62.97e	59.13e	38.07cd	72.37e	53.83de
Mn	81.93ab	724.20e	295.67c	428.43d	687.53e	457.63d
Fe	871.67a	1873.47a	21494.97c	5921.43b	2442.63a	1911.33a
Zn	52.67bc	173.17f	118.27de	133.27def	253.30g	161.53ef

Fipps (2003) menciona que en la mayoría de las situaciones de riego, la principal preocupación por la calidad del agua son los niveles de salinidad, ya que las sales pueden afectar el rendimiento del cultivo, por ello en los resultados de la extracción de nutrientes en este estudio se obtuvo una mejor eficiencia del agua desionizada que el de La Molina. Además Black et al. (2008) indican que el objetivo de un programa de riego bien administrado es asegurarse de que siempre haya agua disponible, por lo que los niveles de humedad del 80 y 100% tuvieron mejores respuestas en la extracción de nutrientes en este estudio. En cuanto al uso del mejorador magnético, tal como lo mencionan Ali et al., (2014) que los efectos del tratamiento magnético varían con el tipo de planta y el tipo de agua de riego utilizada.

4.3. Porcentaje de humedad de los componentes de la fresa

4.3.1. Efecto del tipo de agua

No existe efecto significativo del tipo de agua sobre el porcentaje de humedad presente en la raíz y en la corona, de acuerdo a la comparación de medias de la prueba de Duncan (0.05). Sin embargo el agua desionizada usada para el riego generó una mayor asimilación de humedad en las hojas y peciolo y, frutos siendo estos valores de 69.33 y 92.46% respectivamente (ver figura 11).

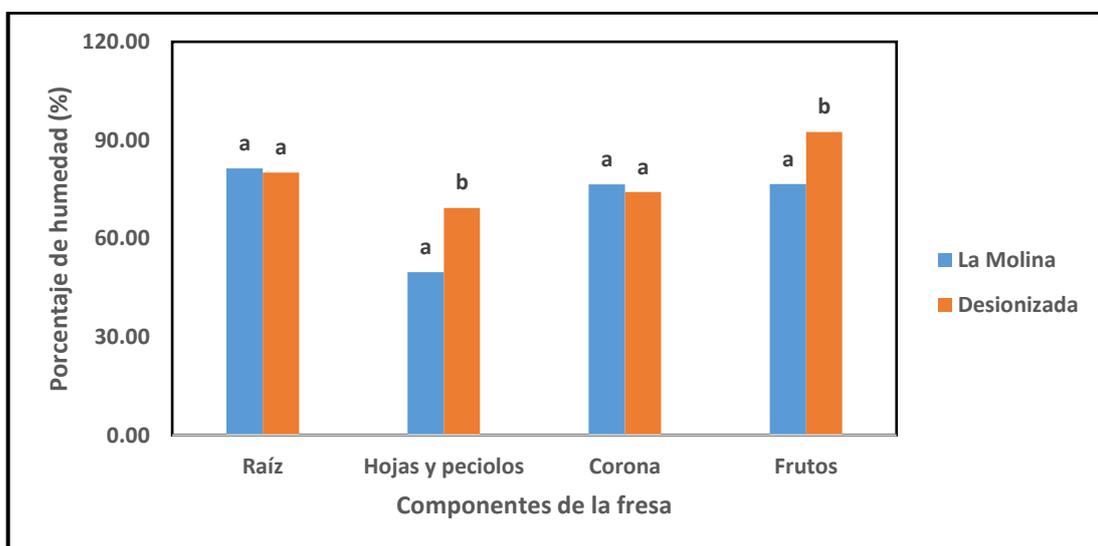


Figura 11 Porcentaje de humedad de los componentes de la fresa sometidos a dos tipos de agua.

Promedios con letras distintas indican diferencia significativa según la prueba de Duncan ($P > 0.05$)

Pirlak y Esitken (2004) evaluaron el efecto de dos niveles de salinidad, expresado en conductividad eléctrica de 2 y 5dS/m sobre el peso fresco y seco de la fresa cultivar Fern (día neutro), de donde se infirió que el porcentaje de humedad presente en la raíz no se vio afectado significativamente por el incremento de la salinidad, obteniendo porcentajes de humedad de 72 y 74% respectivamente. Estos resultados coinciden con lo evaluado en este ensayo, donde a pesar de que no hubo diferencia significativa en el porcentaje de humedad de la raíz, el agua de La Molina generó una acumulación de humedad del 81% mientras que el agua desionizada de 80% (ver figura 11).

Awang y Atherton (1994) evaluaron diferentes niveles de salinidad (2.6, 5.9 y 8.6dS/m) en plantas de fresa obteniendo como resultado que un incremento en la salinidad reducía el potencial hídrico de las hojas; esto concuerda con lo evaluado en este ensayo en frutos y, hojas y peciolo.

4.3.2. Efecto del nivel de humedad del suelo

Como se puede apreciar en la figura 12 el nivel de humedad del suelo tuvo efecto significativo sobre el porcentaje de humedad de cada uno de los componentes de la fresa, según la comparación de medias de Duncan (0.05). De esta manera los porcentajes de humedad más altos en raíz, hojas y peciolo y, frutos se obtuvieron con el nivel de humedad del suelo de 100%, siendo estos valores de 88.66, 66.15 y 92.19% respectivamente.

La respuesta del porcentaje de humedad en la corona fue similar para los niveles de humedad de 80 y 100% siendo estos valores 77.08 y 76.66% respectivamente.

En todos los componentes los valores de porcentaje de humedad más bajos se obtuvieron con el 60% de nivel de humedad del suelo.

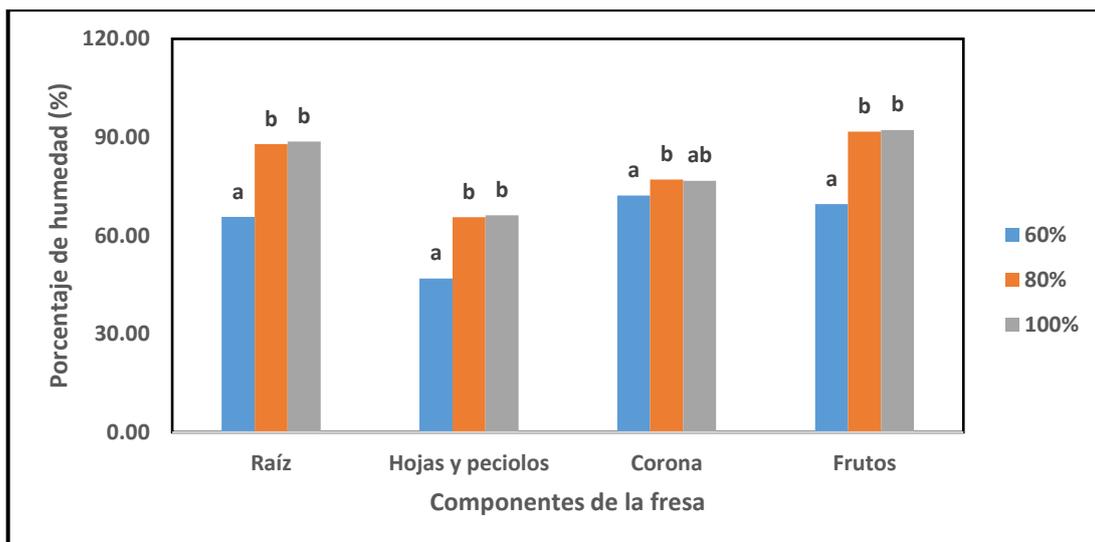


Figura 12 Porcentaje de humedad de los componentes de la fresa sometidos a tres niveles de humedad del suelo.

Promedios con letras distintas indican diferencia significativa según la prueba de Duncan ($P > 0,05$)

Kirnak et al (2003), al evaluar fresa cv. Oso Grande y Camarosa, encontraron que un déficit hídrico mayor al 50% generó reducciones significativas en el contenido de humedad relativa de las hojas, siendo 92% el contenido de humedad cuando se regaba completamente el suelo y 88.9% cuando se sometía el cultivo a un déficit hídrico de 75%.

Respecto a las hojas y peciolo, estos componentes no fueron los que acumularon mayor contenido de humedad en comparación con los demás componentes; sin embargo, esto puede deberse a que el peso fresco y seco de las hojas y peciolo se realizaron al finalizar la cosecha, por lo que se asume que tuvieron pérdida de agua durante su desarrollo, ya que como lo menciona Olivera (2003), las hojas de la fresa presenta un gran número de estomas ($300-400/\text{mm}^2$), por lo que pueden perder gran cantidad de agua por transpiración.

4.3.3. Efecto del uso de la tecnología HDMR

El uso del mejorador magnético generó respuestas diferentes en el porcentaje de humedad de los componentes de la fresa (ver figura 13). Así, por los datos obtenidos en la comparación de medias de la prueba de Duncan (0.05), la raíz y los frutos presentaron mayor porcentaje de humedad cuando no se utilizó la tecnología HDMR en el cultivo de la fresa, obteniendo valores de 85.18 y 92.05% respectivamente.

En el caso de la corona el uso del mejorador magnético no tuvo efecto significativo sobre el porcentaje de humedad de dicho componente siendo la diferencia de porcentaje de humedad de 1.52% entre el tratamiento que no usó mejorador magnético sobre el que sí usó la tecnología HDMR.

El uso del mejorador magnético sobre la respuesta de las hojas y peciolo tuvo un efecto contrario a lo obtenido en raíz y frutos, siendo el porcentaje de humedad más alto y estadísticamente diferente cuando se utilizó la tecnología HDMR con un valor de 63.43%.

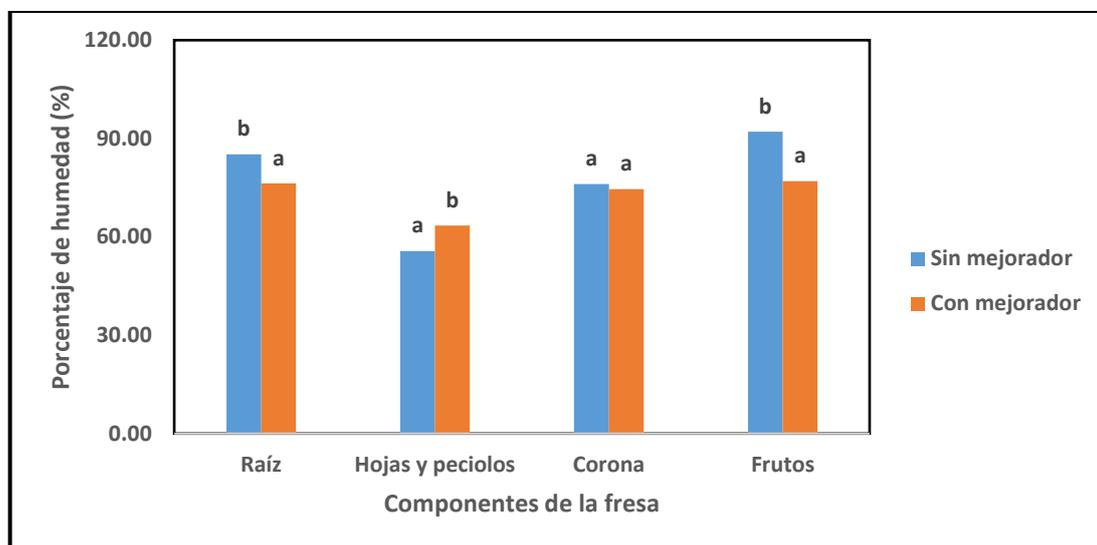


Figura 13 Efecto del uso de la tecnología HDMR sobre el peso seco de los componentes de la fresa.

Promedios con letras distintas indican diferencia significativa según la prueba de Duncan ($P > 0.05$)

El resultado del contenido de humedad en hojas y peciolo en este ensayo están de acuerdo con lo obtenido por El Sayed, H. (2014), quien al evaluar el efecto del agua tratada magnéticamente sobre el contenido de humedad en hojas del cultivo de haba, encontró un incremento significativo de 75.07% cuando no usó tratamiento magnético a 82.19% cuando utilizó agua magnética. De la misma manera, Al-Shrouf (2014) obtuvo diferencia significativa en el contenido de humedad de las hojas de pepino al evaluar el efecto del tratamiento magnético en el agua de riego, donde las plantas regadas con agua tratada magnéticamente tuvieron un contenido de humedad mayor significativamente equivalente a 96.4% comparado a las plantas regadas con agua no tratadas con 95.2% de humedad.

4.3.4. Efecto de la interacción tipo de agua y nivel de humedad del suelo

De acuerdo al análisis estadístico y la comparación de medias (Duncan 0.05), se puede apreciar en la figura 14 que no hubo efecto significativo del tipo de agua a 80 y 100% de humedad del suelo sobre el porcentaje de humedad en todos los componentes de la fresa, sin embargo estos resultados fueron mayores significativamente en comparación con el nivel de humedad del 60%.

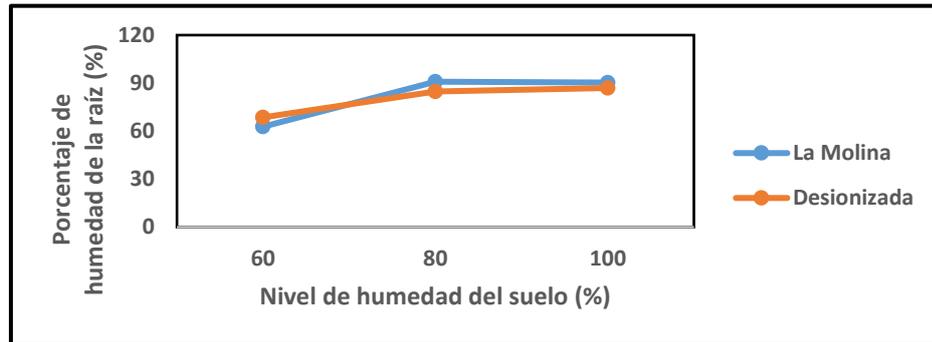
Hanson y Bendixen (2004) mencionan que el riego se debe realizar de forma óptima en el cultivo de fresa debido a que este cultivo es sensible al déficit hídrico, además, el estado hídrico de la planta tiene acción directa sobre procesos metabólicos y fisiológicos, dando como resultado una mayor resistencia estomática (Pires *et al.*, 2006). Por ello, en este estudio un nivel de humedad del suelo mayor al 60% favoreció el contenido de humedad de la planta, así como su desarrollo y producción (ver figura 19).

4.3.5. Efecto de la interacción tipo de agua y uso de la tecnología HDMR

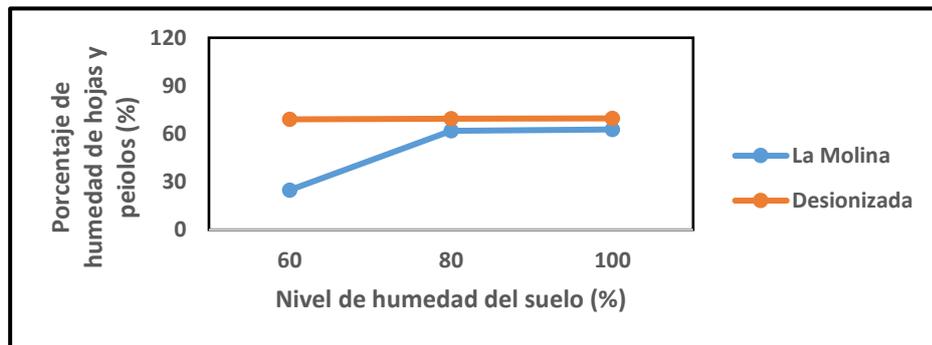
La interacción del tipo de agua y el uso de la tecnología HDMR tuvo un efecto variado sobre el porcentaje de humedad en cada uno de los componentes de la fresa, según la prueba de Duncan (0.05). Así cuando se usó agua de La Molina para el riego, los valores más altos de porcentajes de humedad de la raíz, corona y frutos se alcanzaron cuando no se usó el mejorador magnético con valores equivalentes a 87, 79.43 y 91.60% respectivamente, por el contrario el uso del mejorador magnético generó mayor porcentaje de humedad de las hojas y peciolas de 56.41%. La interacción del agua desionizada con el mejorador magnético dio mejores resultados en el porcentaje de humedad de las hojas y peciolas y, la corona con valores de 70.45 y 75.51% respectivamente. En cambio el mayor porcentaje de humedad de la raíz y los frutos se obtuvo cuando no se usó el mejorador magnético en el agua desionizada con valores de 83.36 y 92.50% respectivamente (Figura 15)

El agua de La Molina no tuvo una interacción positiva con el uso de la tecnología HDMR en algunos componentes de la fresa, esto puede explicarse porque el mejorador magnético no elimina las sales del agua, sino más bien reestructura las moléculas de agua, por lo que la presencia de sales en el agua de La Molina sigue reteniendo agua en el suelo e impide su absorción por la planta.

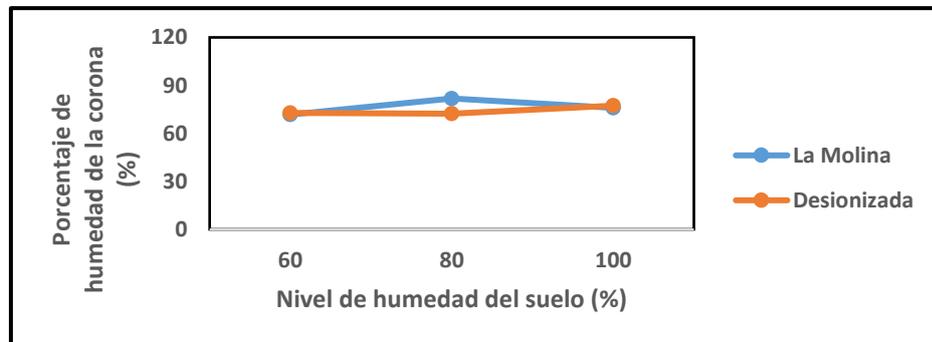
1.



2.



3.



4.

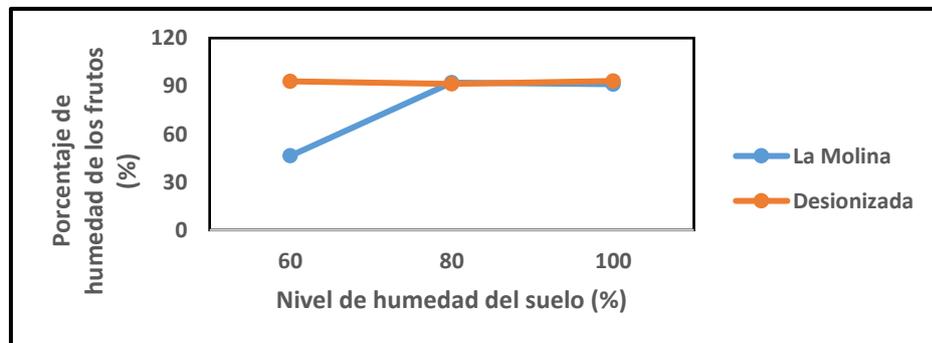
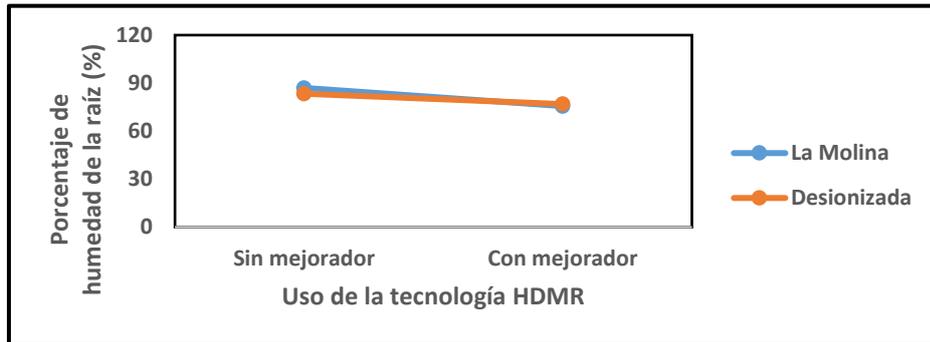
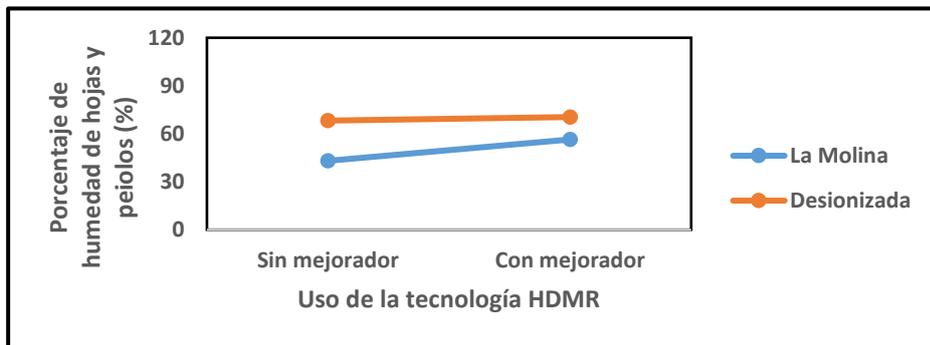


Figura 14 Porcentaje de humedad de la raíz (1), hojas y peciolo (2), corona (3) y frutos (4) sometidos a tres niveles de humedad del suelo y dos tipos de agua de riego.

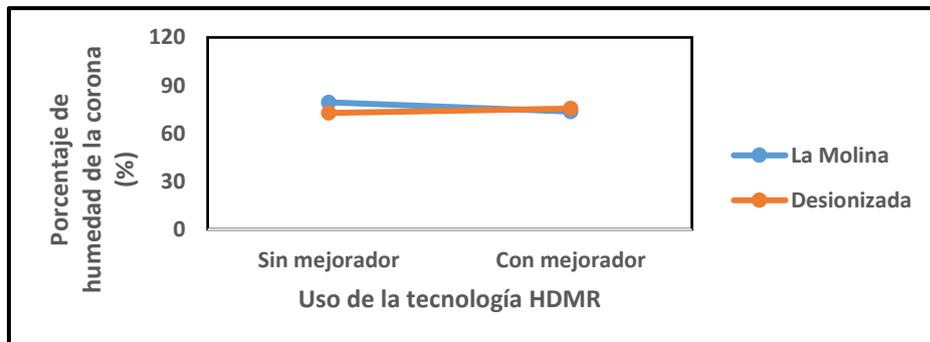
1.



2.



3.



4.

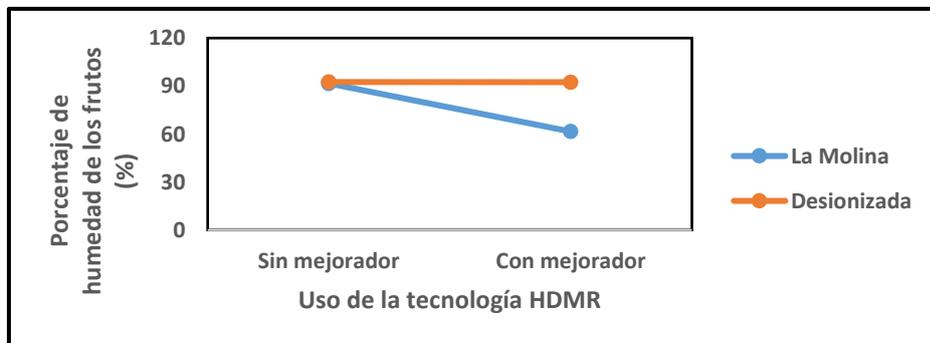


Figura 15 Porcentaje de humedad de la raíz (1), hojas y peciolo (2), corona (3) y frutos (4) sometidos a dos tipos de agua de riego y al efecto del uso de la tecnología HDMR.

4.3.6. Efecto de la interacción nivel de humedad y uso de la tecnología HDMR

Según el análisis estadístico y la comparación de medias de la prueba de Duncan, se puede observar en la figura 16 que, a excepción de los frutos regados sin mejorador magnético, el porcentaje de humedad de los componentes de la fresa tendió a aumentar con el incremento del nivel de humedad del suelo tanto en los tratamientos con mejorador magnético o sin este.

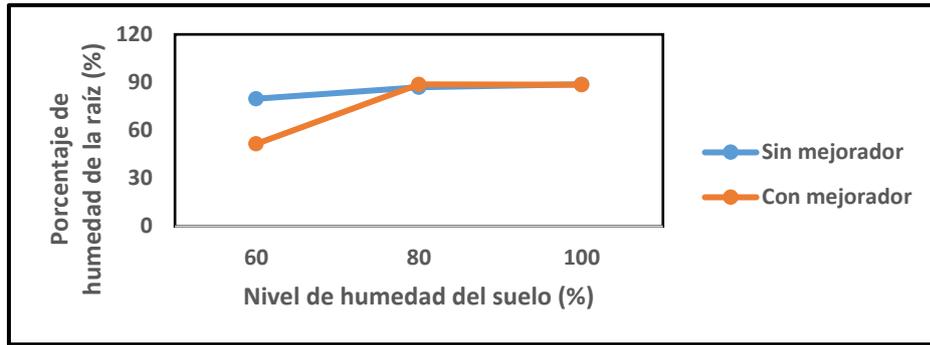
La fresa es un cultivo que presenta altas necesidades hídricas debido a que el sistema radical es superficial, como lo manifiesta León et al (2003), lo que explicaría que mayores niveles de humedad conllevan a un mayor contenido de humedad de los componentes de la fresa.

4.3.7. Efecto de la interacción tipo de agua, nivel de humedad del suelo y uso de la tecnología HDMR

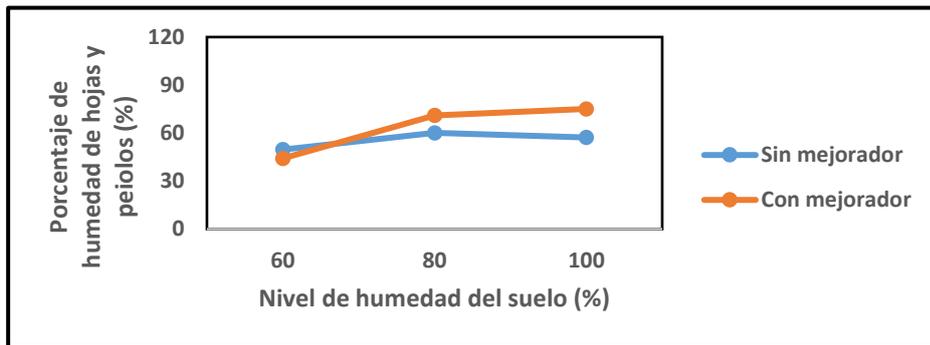
De acuerdo a la prueba de Duncan (0.05), la mejor combinación para el porcentaje de humedad de la raíz se obtuvo al usar el agua de La Molina, con mejorador magnético a un nivel de humedad del 80% dando un resultado de 91.72% de humedad; para el caso de las hojas y peciolas la combinación del agua de La Molina con mejorador magnético a un nivel de humedad del suelo del 100% dio el mejor resultado de porcentaje de humedad con 77.87%; para la corona el mayor porcentaje de humedad se obtuvo con el agua de La Molina, sin mejorador magnético y un 80% de nivel de humedad del suelo equivalente a 83.44% de humedad; por último para los frutos la mejor combinación se obtuvo al usar agua desionizada, sin mejorador y con un 60% de humedad del suelo con un porcentaje de humedad de 93.84%, sin embargo estos valores no fueron significativamente diferentes en comparación con las demás interacciones (ver figura 17).

El nivel de humedad del suelo fue el factor clave en el porcentaje de humedad de los componentes de la fresa ya que, a excepción de los frutos, el 80 y 100% de humedad del suelo contribuyó favorablemente al incremento en el contenido de humedad de los componentes de la fresa, esto se traduce en las necesidades altas de humedad del cultivo de la fresa como lo mencionan León et al. (2003).

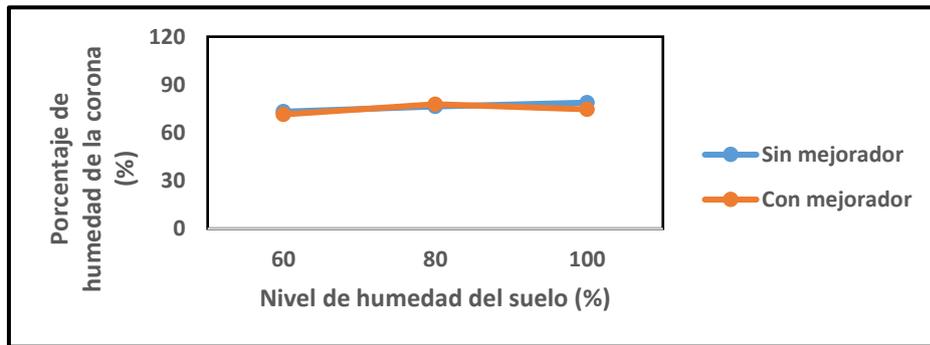
1.



2.



3.



4.

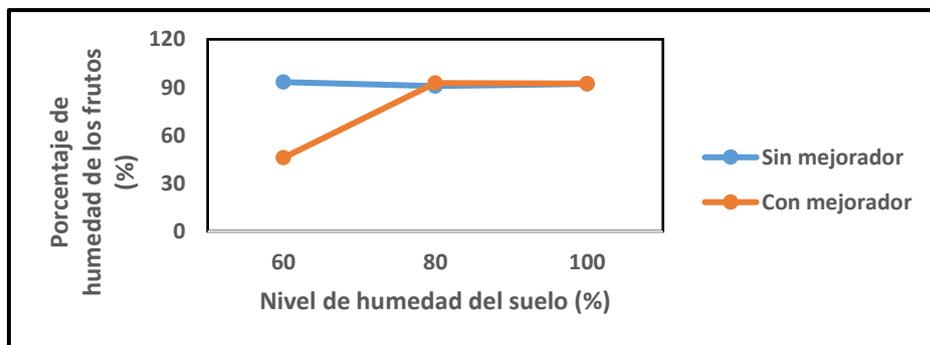
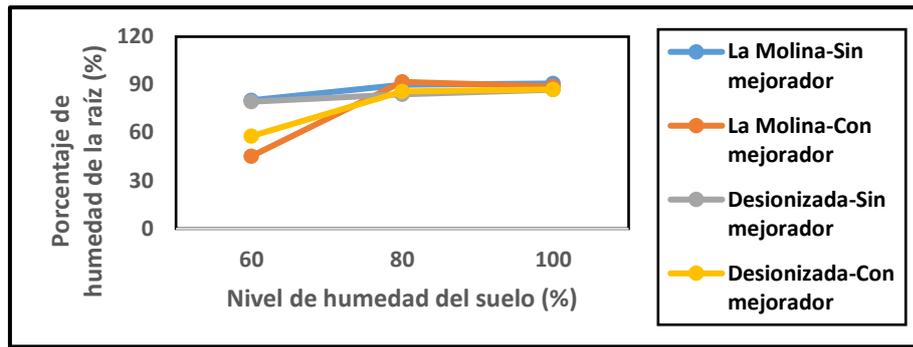
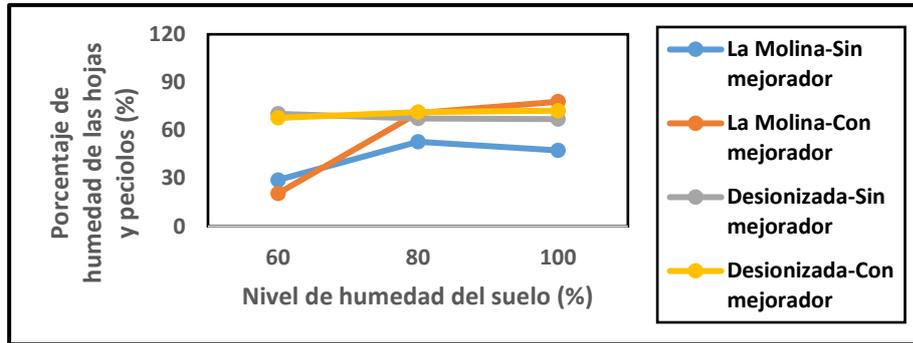


Figura 16 Porcentaje de humedad de la raíz (1), hojas y peciolo (2), corona (3) y frutos (4) sometidos a tres niveles de humedad del suelo y al efecto del uso de la tecnología HDMR.

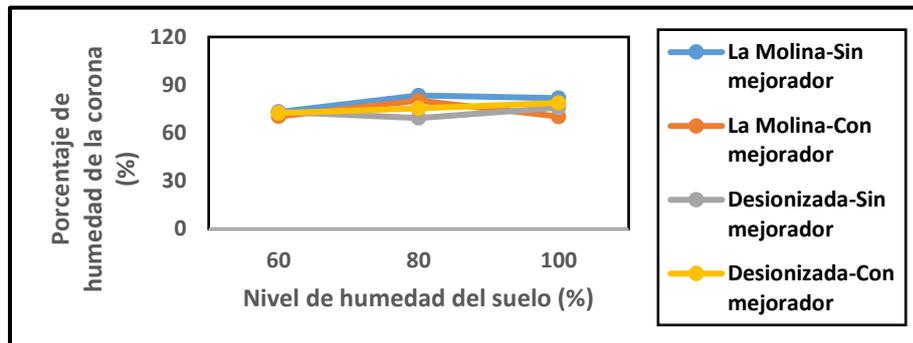
1.



2.



3.



4.

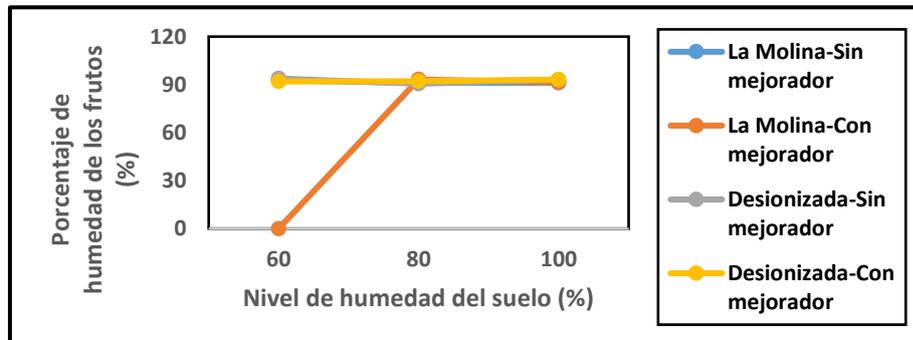


Figura 17 Porcentaje de humedad de la raíz (1), hojas y peciolo (2), corona (3) y frutos (4) sometidos a dos tipos de agua de riego, tres niveles de humedad del suelo y al efecto del uso de la tecnología HDMR.

4.4. Producción

4.4.1. Efecto del tipo de agua

La prueba de Duncan nos permite apreciar un comportamiento estadístico diferente entre los tipos de agua, donde las plantas regadas con agua desionizada reportan la mayor producción con un valor promedio de 171,39g/planta mientras que el menor promedio lo obtuvo el agua de La Molina con 45.89g/planta, tal como se aprecia en la siguiente figura 18.

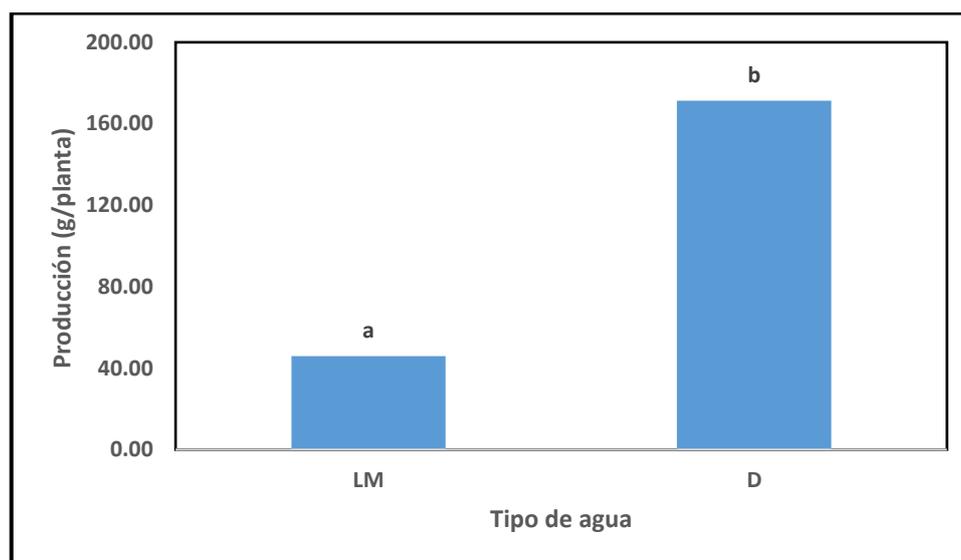


Figura 18 Producción de plantas de fresa utilizando dos fuentes de agua de riego.
Promedios con letras distintas indican diferencia significativa según la prueba de Duncan ($P > 0.05$)

Según los análisis de agua realizados, el agua de La Molina presenta una CE de 3.37dS/m por lo cual se clasifica con un nivel de salinidad muy alto, lo que significa que generalmente no es aceptable, excepto para plantas muy tolerantes a sales, donde se requiere excelente drenaje y lixiviación. Por el contrario el agua desionizada presenta una CE de 0.17dS/m lo que significa que el nivel de salinidad es muy bajo por lo que no se consideran efectos dañinos sobre las plantas y suelo. La fresa se considera un cultivo muy sensible a la salinidad (Bould et al., 1983), de acuerdo a ello se puede inferir que una mayor CE del agua de riego genera un menor rendimiento en este cultivo. Fipps (2003) menciona también que los cultivos de frutas son los más sensibles a la salinidad, por ello presenta un cuadro indicando la tolerancia de diferentes cultivos frutales a la salinidad del agua de riego, para lo cual en el caso de la fresa el aumento de la CE del agua de riego genera una disminución en el rendimiento potencial de la misma, así las CE del agua con valores de 0.7, 0.9, 1.2 y 1.7dSm generan rendimientos potenciales del 100, 90, 75 y 50% respectivamente.

4.4.2. Efecto del nivel de humedad del suelo

Se observa una respuesta significativamente positiva a la dosificación de agua, obteniéndose un mayor rendimiento a mayor dosis de aplicación. Así la mejor respuesta se obtuvo con el nivel de humedad del suelo al 100%CC, el cual generó una producción de 141.5g/planta como se puede apreciar en la figura 19.

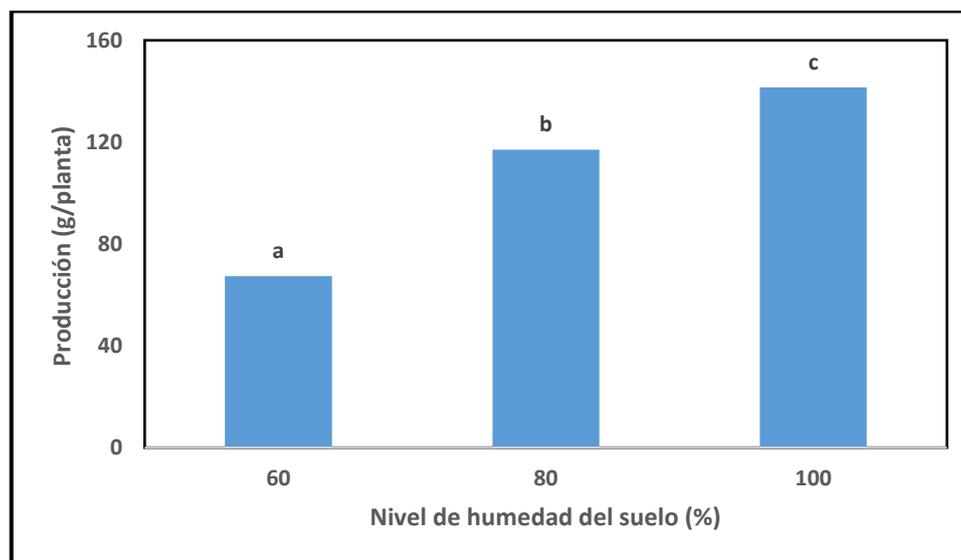


Figura 19 Producción de plantas de fresa sometidas a diferentes niveles de humedad del suelo.

Promedios con letras distintas indican diferencia significativa según la prueba de Duncan ($P > 0,05$)

Los frutos se favorecen tras la aplicación de mayores cantidades de agua, ya que hay mayor disponibilidad de nutrientes y la eficiencia de los procesos de asimilación y translocación de asimilados hacia los frutos se incrementan, aumentando la masa fresca de estos (Silber y Bar-Tal, 2008). Los resultados obtenidos en el presente ensayo pueden ser referenciados por Kirschbaum et al. (2004), quienes encuentran que la producción (cantidad de frutas por planta) de fresa fue significativamente mayor en el tratamiento con riego a capacidad de campo (100%) respecto de los otros tratamientos que solo recibieron el 50%. Asimismo en Australia, se observaron reducciones significativas en la producción de los cultivares “Oso Grande” y “Camarosa” con un déficit de estrés hídrico del 50% o más (Kirnak et al., 2003), mientras que en España trabajando con la variedad Chandler, se observó una reducción en la producción de las plantas expuestas a estrés hídrico leve (Savé et al., 1993).

4.4.3. Efecto del uso de la tecnología HDMR en el agua

De acuerdo al análisis de la prueba de Duncan (0.05) se observa en la figura 20 que no hay diferencias significativas en los resultados, sin embargo usando el mejorador magnético se obtiene una mayor producción equivalente a 113.67g/planta.

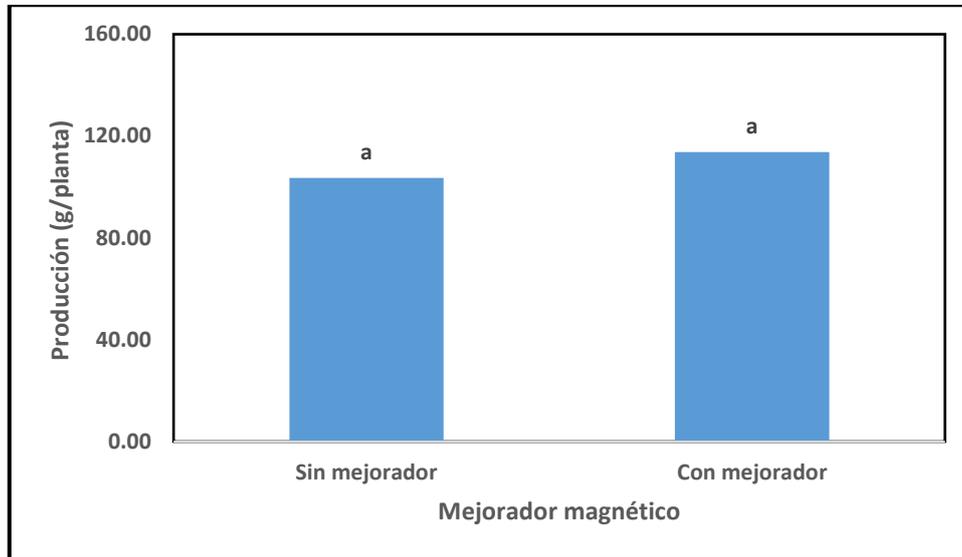


Figura 20 Efecto del uso de la tecnología HDMR sobre la producción de fresa.
Promedios con letras distintas indican diferencia significativa según la prueba de Duncan ($P>0,05$)

Al-Shrouf (2014) obtuvo diferencia significativa en el rendimiento de pepino al evaluar el efecto del agua de riego, en la cual las plantas regadas con agua tratada magnéticamente tuvieron un rendimiento mayor frente a las que no fueron tratadas. De la misma manera, Yusuf (2015) obtuvo mayores rendimientos en tomate, al evaluar tres niveles de tratamiento magnético del agua frente al rendimiento obtenido en el tratamiento control, es decir sin tratamiento magnético, así el incremento porcentual de los rendimientos de tomate fue de 39.9, 64.0 y 68.7% respectivamente en comparación con el rendimiento del experimento de control.

4.4.4. Efecto de la interacción tipo de agua y nivel de humedad del suelo

De acuerdo al análisis estadístico y la comparación de medias, se obtuvo diferencia significativa entre la interacción del tipo de agua con el nivel de humedad del suelo. Así las más altas producciones se obtuvieron cuando se usó agua desionizada para el riego a un nivel de humedad del suelo del 100% y 80%CC equivalente a 204.5 y 195.83g/planta respectivamente, por el contrario las producciones más bajas se registraron cuando se utilizó

el agua de La Molina para el riego a un nivel de humedad del suelo del 80 y 60% equivalente a 38.33 y 20.83 g/planta respectivamente (figura 21).

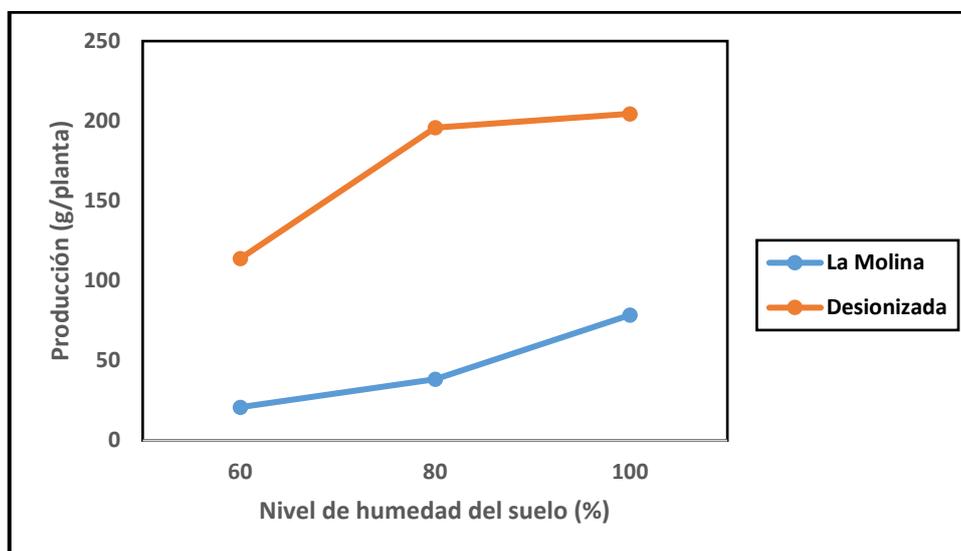


Figura 21 Producción de plantas de fresa sometidas a tres niveles de humedad del suelo y dos tipos de agua.

En el cultivo de fresa, el riego se debe realizar de forma óptima debido a que este cultivo es sensible al déficit hídrico (Hanson y Bendixen, 2004), viéndose afectado fuertemente el crecimiento de las plantas y la producción (Krüger et al., 1999), además sales pueden afectar tanto la estructura del suelo como el rendimiento del cultivo (Fipps, 2003), estos enunciados confirman lo obtenido en este estudio.

4.4.5. Efecto de la interacción tipo de agua y uso de la tecnología HDMR

De acuerdo al análisis estadístico y la comparación de medias, hay diferencia significativa entre los tratamientos, donde la interacción de agua desionizada y el mejorador magnético generó la producción más alta con 182.89g/planta. En cambio el uso del agua de La Molina para el riego dio como resultado la más baja producción usando el mejorador magnético que sin usarlo equivalente a 44.44 y 47.33 g/planta respectivamente (Figura 22).

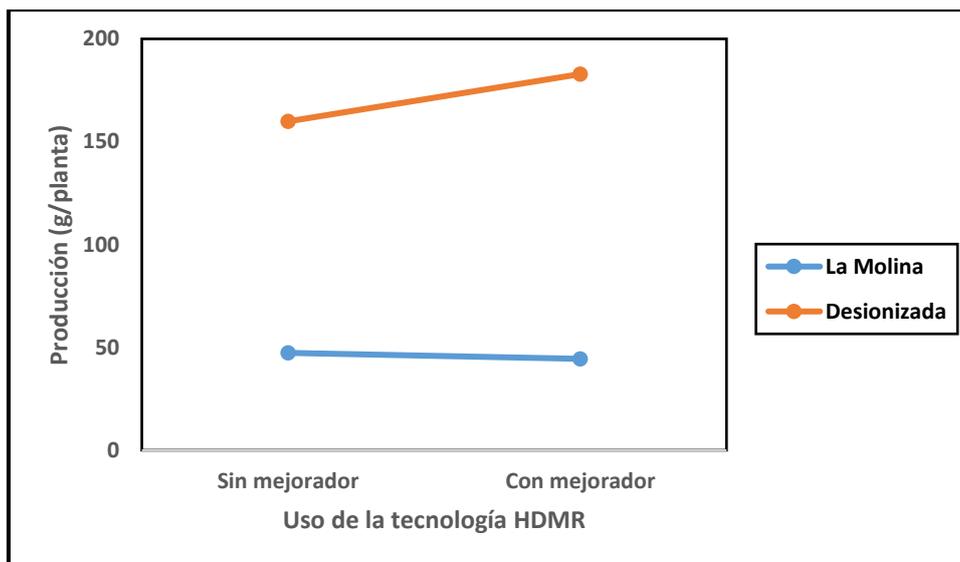


Figura 22 Producción de plantas de fresa sometidas a dos tipos de agua y al efecto del uso de la tecnología HDMR.

El agua desionizada favorece la producción en la fresa, ya que al no ser un agua salina, no retiene el agua en el suelo y esta es fácilmente absorbida por la planta llevando consigo nutrientes a todos los órganos de la planta.

4.4.6. Efecto de la interacción nivel de humedad del suelo y uso de la tecnología HDMR

De acuerdo a los resultados de la comparación de medias, los tratamientos con mayor producción se obtuvieron a un nivel de humedad del suelo del 100% con y sin mejorador equivalentes a 145.83 y 137.17g/planta, pudiéndose observar que no hubo efecto significativo del uso de la tecnología HDMR. Los valores de producción disminuyeron conforme el nivel de humedad del suelo se reducía, no observándose efecto significativo del mejorador magnético (Figura 23).

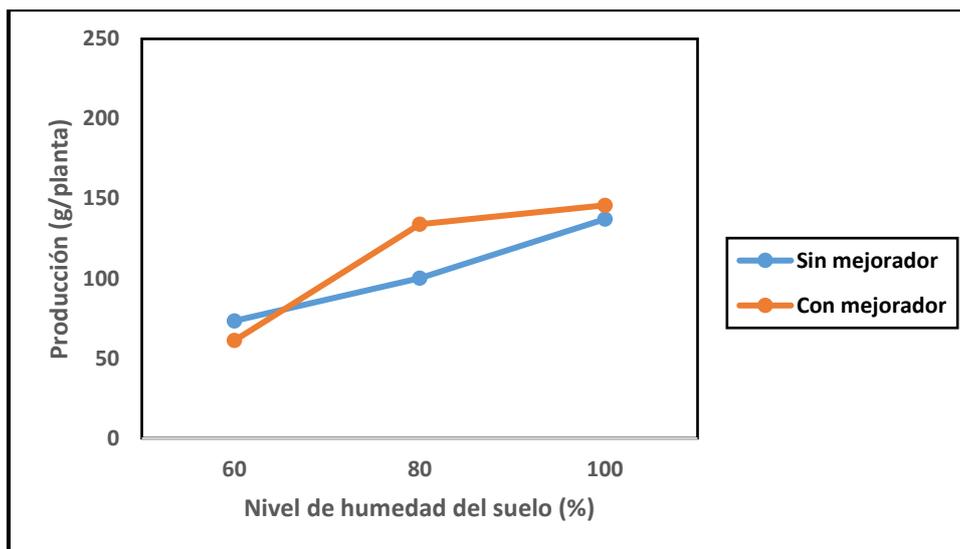


Figura 23 Producción de plantas de fresa sometidas a tres niveles de humedad del suelo y al uso de la tecnología HDMR.

El nivel de humedad del suelo afecta la producción de la fresa, ya que este cultivo presenta la mayor cantidad de raíces absorbentes a nivel superficial entre los 10 y 15cm de profundidad (León et al., 2003). A pesar de que no hubo diferencias significativas en el uso del mejorador magnético, se obtuvo mayor producción cuando se hizo uso de este dispositivo, ya que al reestructurar las moléculas de agua favorece una mayor absorción de nutrientes y por consiguiente mayor desarrollo del fruto y producción.

4.4.7. Efecto de la interacción tipo de agua, nivel de humedad del suelo y uso de la tecnología HDMR.

De acuerdo a la comparación de medias, la producción más alta equivalente a 229g/planta se obtuvo al utilizar agua desionizada para el riego, la tecnología HDMR y 80% de humedad del suelo. Este resultado fue similar al obtenido por usar agua desionizada sin mejorador pero con un 100% de humedad del suelo (figura 24).

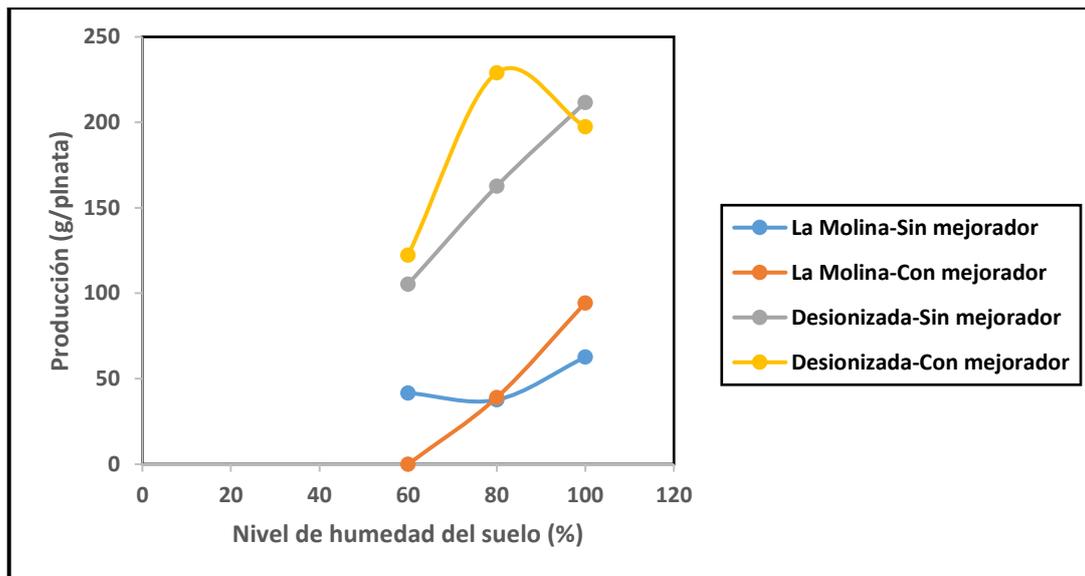


Figura 24 Producción de plantas de fresa sometidas a tres niveles de humedad del suelo, dos tipos de agua y al uso de la tecnología HDMR.

Estos resultados indican que un exceso de humedad, usando agua de baja salinidad (desionizada) y filtrándola por el mejorador magnético no necesariamente concluye en una mayor producción; sin embargo, tal y como lo mencionan Vázquez-Gálvez et al. (2008), el agricultor generalmente abusa de este recurso aplicando cantidades superiores a las requeridas por la planta, ya sea por desconocimiento o por considerar que con una mayor cantidad de agua se obtienen mayores rendimientos.

4.5. Número de frutos por planta

4.5.1. Efecto del tipo de agua

De acuerdo a la prueba de Duncan, se observa que el tipo de agua tiene efecto significativo sobre el número de frutos por planta. De esta manera, el valor más alto se obtuvo al utilizar el agua desionizada para el riego equivalente a 9 frutos/planta (Figura 25).

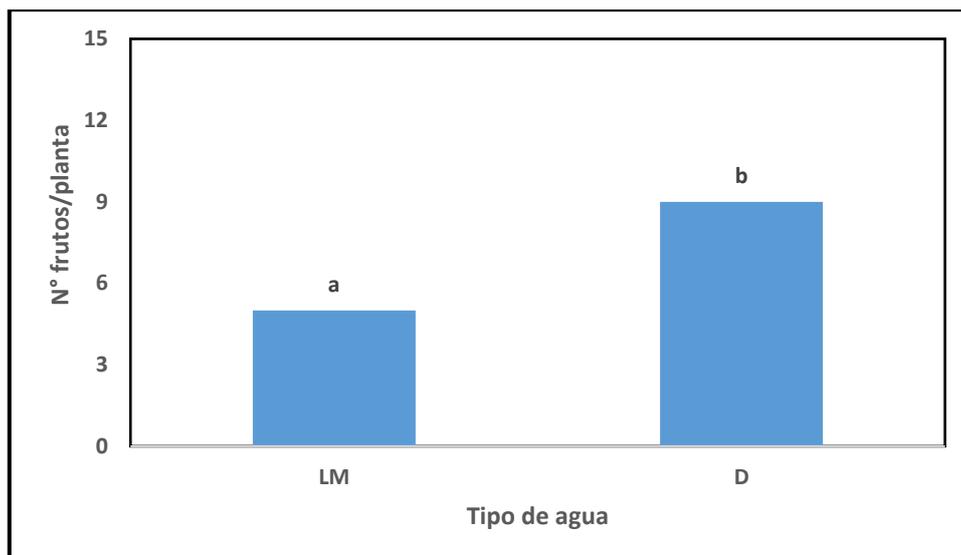


Figura 25 Efecto del tipo de agua sobre el número de frutos por planta.

Promedios con letras distintas indican diferencia significativa según la prueba de Duncan ($P > 0,05$)

De la misma manera, Kaya et al (2002) refuerza lo obtenido en este estudio al evaluar el número de frutos por planta en fresa cultivar Oso Grande, donde los tratamientos sometidos a soluciones salinas (pH de 8.5 y 35mM de cloruro de sodio) tuvieron menos cantidad de frutos frente a los tratamientos sometidos a soluciones de baja salinidad (pH de 5.5 y 0mM de cloruro de sodio) con 26 y 48 frutos/planta respectivamente.

4.5.2. Efecto del nivel de humedad del suelo

De acuerdo a la comparación de medias de la prueba estadística de Duncan (0.05), se observa en la figura 26 que a mayor nivel de humedad del suelo, se obtuvo mayor número de frutos por planta. Así con el 100% de humedad del suelo se obtuvo 9 frutos por planta.

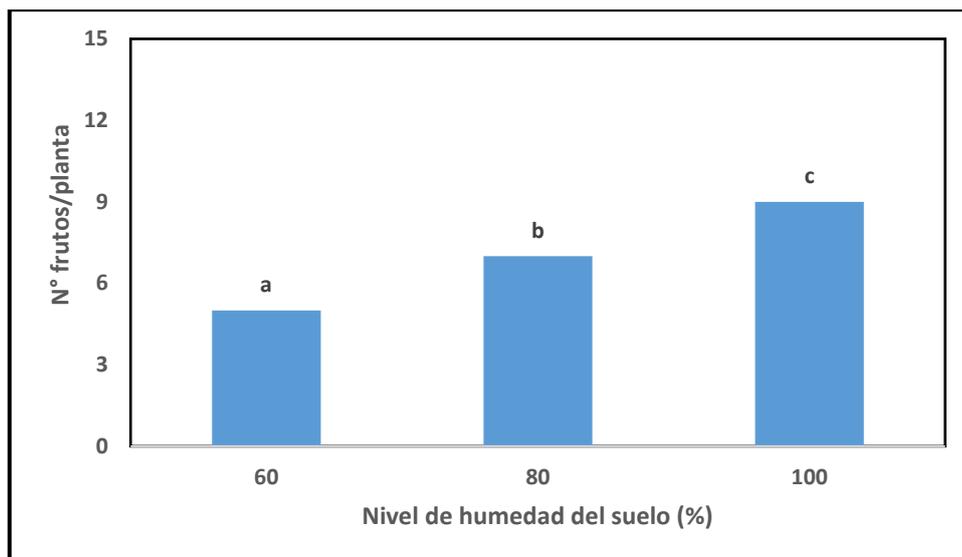


Figura 26 Efecto del nivel de humedad del suelo sobre el número de frutos por planta.
Promedios con letras distintas indican diferencia significativa según la prueba de Duncan ($P > 0,05$)

Estos resultados concuerdan con lo obtenido por Peñuela et al. (1992), quienes al someter plantas de fresa a regímenes de estrés hídrico leve (potencial mátrico del suelo -0.07mPa) y muy leve (potencial mátrico del suelo -0.01mPa) obtuvieron 77 y 63 frutos por planta respectivamente, lo que quiere decir que una disminución en el suministro de agua concluye en un menor número de frutos por planta. De la misma manera, Kirschbaum et al. (2004) evaluaron el efecto de la cantidad de riego en el número de frutos por planta, teniendo como resultado un menor número de frutos cuando las plantas fueron sometidas a un 50% menos del riego a capacidad de campo.

4.5.3. Efecto del uso de la tecnología HDMR

El uso del mejorador magnético en el agua de riego tuvo un efecto positivo significativamente sobre el número de frutos por planta equivalente a 8 frutos, como se puede apreciar en la figura 27.

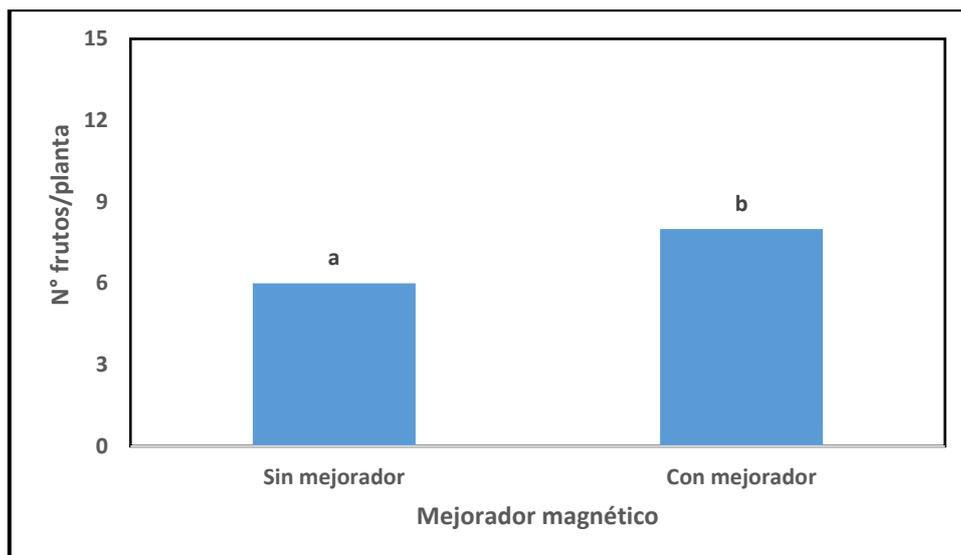


Figura 27 Efecto del uso del mejorador magnético sobre el número de frutos por planta.
 Promedios con letras distintas indican diferencia significativa según la prueba de Duncan ($P>0,05$)

Estos resultados concuerdan con los estudios realizados por Esitken y Turan (2004) y Matsuda et al. (1993), quienes mostraron que el uso del agua magnética incrementa el número de frutos por planta en fresa.

4.5.4. Efecto de la interacción tipo de agua y nivel de humedad del suelo

De acuerdo al análisis estadístico y la comparación de medias (Duncan 0.05) la mejor interacción se obtuvo con el agua desionizada y 100% de nivel de humedad del suelo equivalente a 10 frutos. Sin embargo, en ambos tipos de agua, un incremento del nivel de humedad del suelo genera mayor cantidad de frutos por planta (Figura 28).

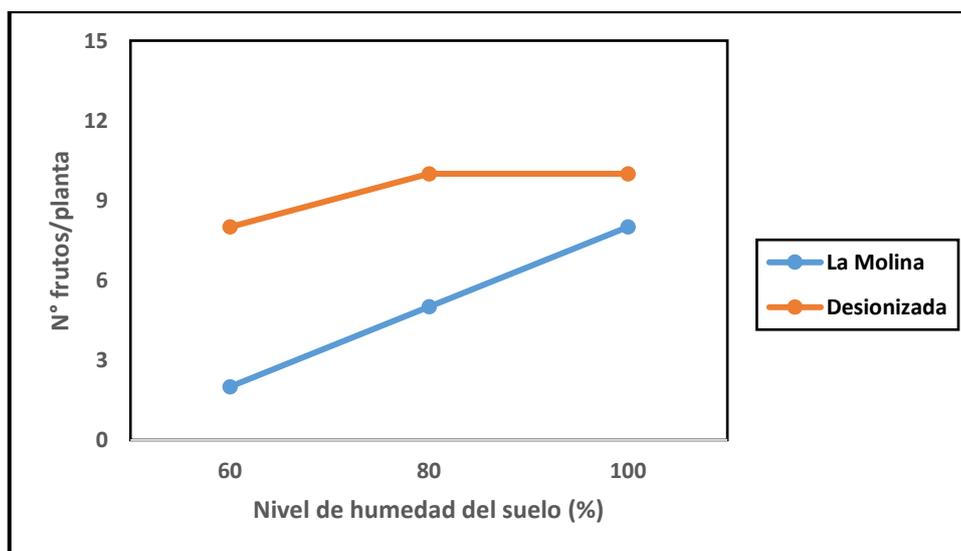


Figura 28 Número de frutos por planta de fresa sometidas a tres niveles de humedad del suelo y dos tipos de agua.

Estos resultados se explican porque la fresa es un cultivo sensible a la salinidad, por lo tanto el agua desionizada usada en el riego favorece su desarrollo, además debido a que sus raíces se encuentran superficialmente requiere alto suministro de agua.

4.5.5. Efecto de la interacción tipo de agua y uso de la tecnología HDMR

En la figura 29 se puede observar que el uso de la tecnología HDMR no tuvo efecto sobre el número de plantas obteniéndose 5 frutos por planta al utilizar el agua de La Molina con o sin mejorador magnético. Por el contrario el agua desionizada filtrada por el mejorador magnético generó mayor cantidad de frutos por planta en comparación a cuando no se usó el mejorador con valores de 11 y 8 frutos respectivamente (Figura 29).

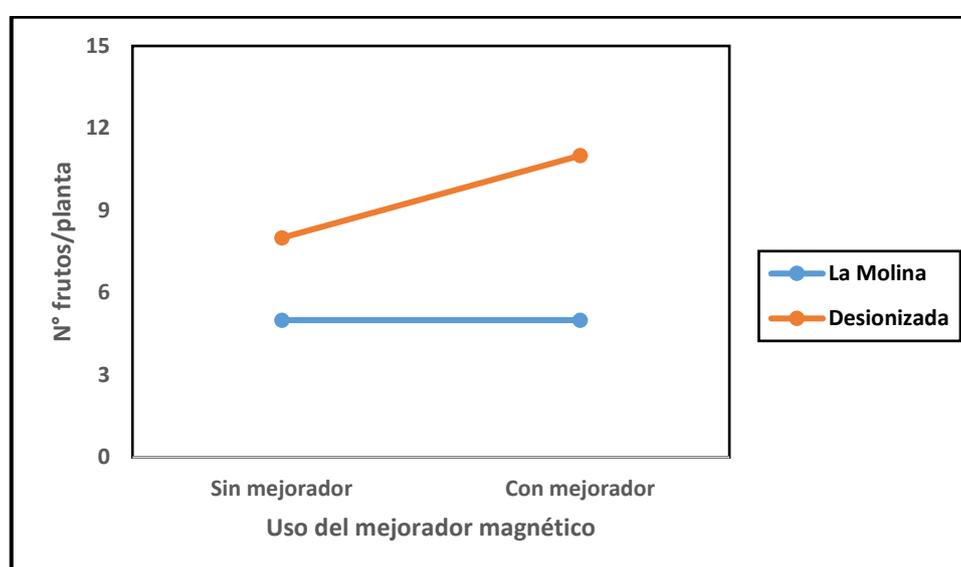


Figura 29 Número de frutos por planta de fresa sometidas a dos tipos de agua y al efecto del uso de la tecnología HDMR.

El nulo efecto del mejorador magnético en el agua de La Molina, se explica porque este dispositivo no retiene las sales del agua, por lo tanto la retención de agua en el suelo sigue siendo la misma con su consecuente disminución de transporte de nutrientes a la planta, lo cual dificulta su desarrollo.

4.5.6. Efecto de la interacción nivel de humedad y uso de la tecnología HDMR

El uso de la tecnología HDMR mostró una mejor interacción cuando se utilizó el nivel de humedad del 100% con un valor de 10 frutos por planta. Sin embargo, se observó un aumento en la cantidad de frutos conforme se incrementó el nivel de humedad del suelo, ya sea con el uso del mejorador magnético o sin este (Figura 30).

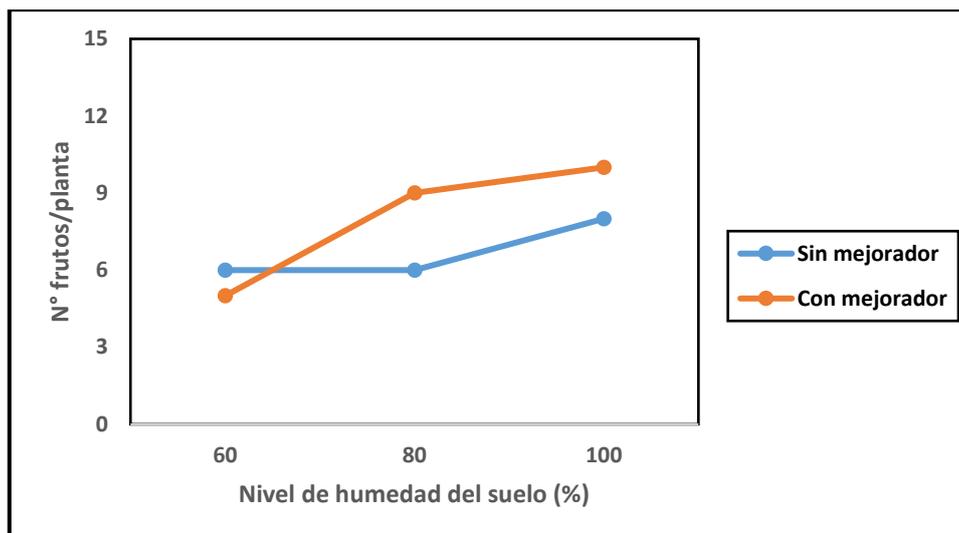


Figura 30 Número de frutos por planta de fresa sometidas a tres niveles de humedad del suelo y al uso de la tecnología HDMR.

El mejorador magnético reestructura las moléculas del agua (Ali et al., 2014) y hace más disponible el agua de riego a la planta, además de que transporta mejor los nutrientes a las plantas; por ello hay diferencias en el número de frutos por planta en los diferentes niveles de humedad del suelo, tal como se aprecia en la figura 30.

4.5.7. Efecto de la interacción tipo de agua, nivel de humedad del suelo y uso de la tecnología HDMR

La mejor interacción de los tres factores analizados en la cantidad de frutos por planta se obtuvo cuando se utilizó agua desionizada filtrada por el mejorador magnético a un nivel de humedad del suelo del 80% con un valor de 13 frutos por planta. Por el contrario se obtuvo 0 frutos con el agua de La Molina filtrada por el mejorador magnético a un nivel de humedad del suelo del 60%, tal como se aprecia en la figura 31.

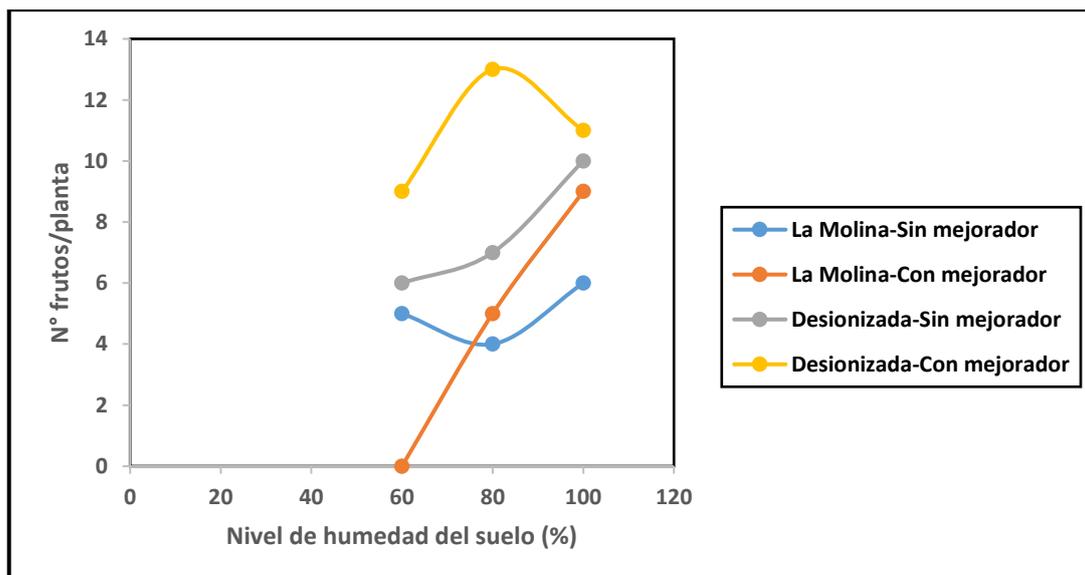


Figura 31 Número de frutos por planta en el cultivo de fresa sometido a tres niveles de humedad del suelo, dos tipos de agua y al uso de la tecnología HDMR.

De la misma manera que en los efectos dobles, la fresa es un cultivo que se favorece por el uso de aguas de riego bajas en salinidad (desionizada), niveles adecuados de humedad del suelo (80%), sumado a ello la reestructuración de las moléculas de agua (mejorador magnético) como lo indican Ali et al. (2014), resulta en un mayor número de frutos por planta, tal y como se aprecia en la figura 31.

4.6. Peso del fruto

4.6.1. Efecto del tipo de agua

De acuerdo al análisis estadístico y comparación de medias (Figura 32) se puede observar que los tratamientos con agua de La Molina tuvieron un peso de fruto menor a los tratamientos con agua desionizada, existiendo diferencia significativa entre ellos, dando el agua desionizada un peso de fruto equivalente a 18.73g/fruto.

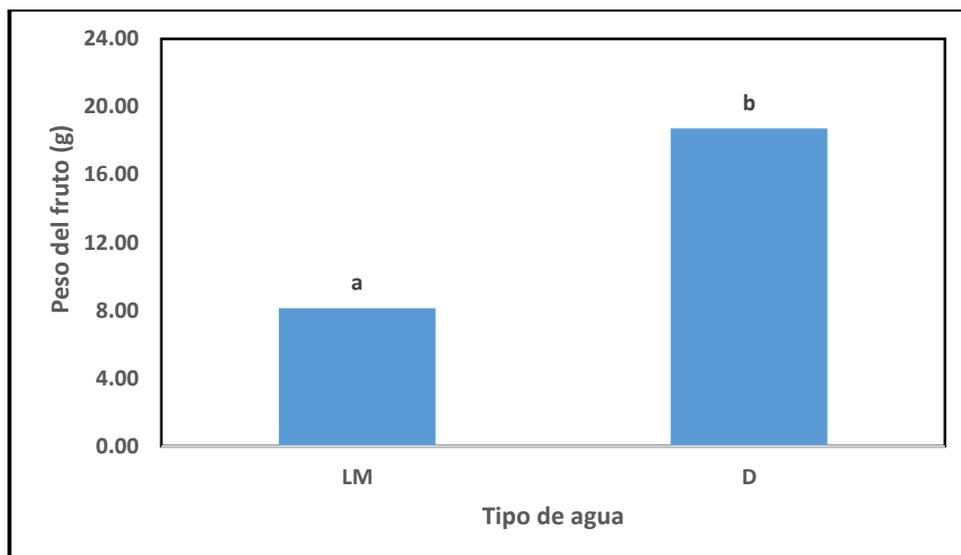


Figura 32 Efecto del tipo de agua sobre el peso del fruto (g).

Promedios con letras distintas indican diferencia significativa según la prueba de Duncan ($P > 0,05$)

Resultados similares se encontraron en los estudios realizados por Kaya et al (2002) en fresa cultivar Oso Grande, donde el peso del fruto aumentó de 8g/fruto cuando fue sometido a condiciones salinas (pH de 8.5 y 35mM de cloruro de sodio) a 9.3g/fruto cuando fue sometido a condiciones de baja salinidad (pH de 5.5 y 0mM de cloruro de sodio).

4.6.2. Efecto del nivel de humedad del suelo

En cuanto al efecto del nivel de humedad en el suelo sobre el peso del fruto, una menor humedad del suelo resultó en un menor peso del fruto (Figura 33). Así para una humedad del 60%CC el peso del fruto fue 9.96g y para el 100%CC fue 15.95g.

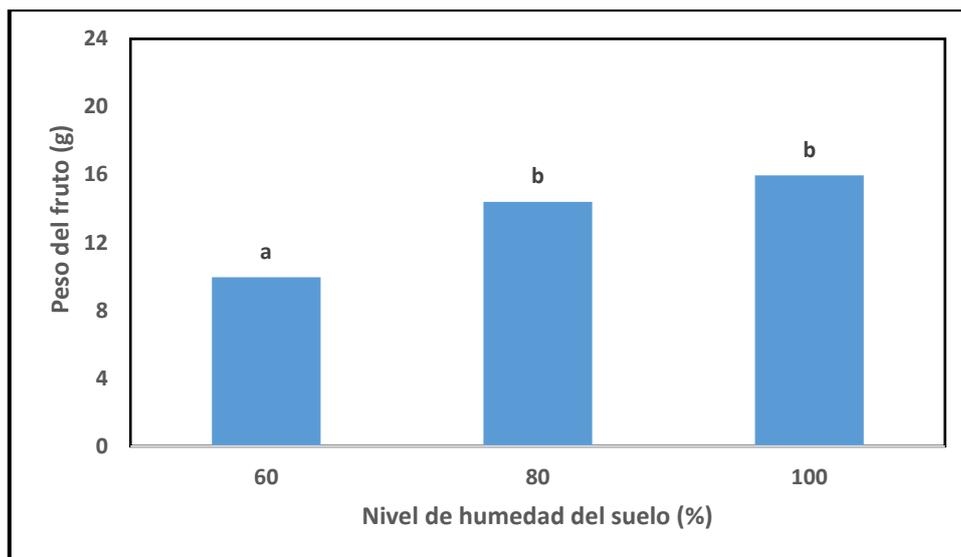


Figura 33 Efecto del nivel de humedad del suelo sobre el peso del fruto (g). Promedios con letras distintas indican diferencia significativa según la prueba de Duncan ($P > 0,05$)

Este efecto coincide con los resultados obtenidos por Kirnak et al (2003), quienes observaron una disminución significativa en el peso del fruto en los cultivares de fresa “Oso Grande” y “Camarosa” sometidas a una reducción del riego del 50% o menos, siendo el mayor peso 10g/fruto con 100% del riego y 8.6g/fruto a un 25% del riego.

4.6.3. Efecto del uso de la tecnología HDMR en el agua

Respecto al uso de la tecnología HDMR (mejorador magnético) sobre el efecto en el peso promedio de la fresa, se observa en la figura 34 que hay diferencias significativas en los resultados, sin embargo el mejorador magnético no generó el mayor peso del fruto siendo este de 11.44g, mientras que las plantas regadas con agua no tratada magnéticamente dieron un peso del fruto de 15.43g.

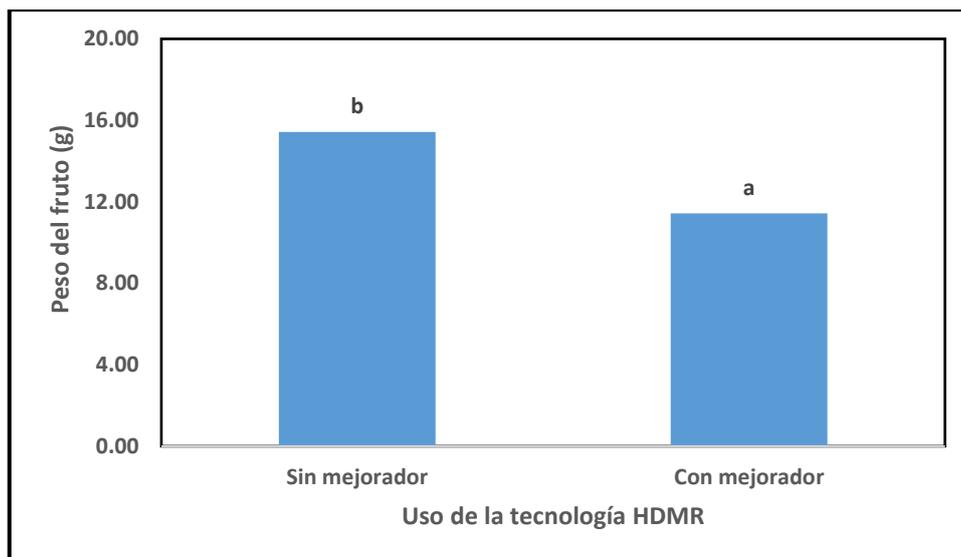


Figura 34 Efecto del uso del mejorador magnético sobre el peso del fruto (g).
Promedios con letras distintas indican diferencia significativa según la prueba de Duncan ($P>0,05$)

Se encontraron resultados variados respecto a esta variable. Así los estudios realizados por Esitken y Turan (2004), mostraron que las fresas cultivar Camarosa (día corto) incrementaron el peso del fruto de 8.4g/fruto cuando no se sometieron a tratamiento magnético a 8.92g/fruto cuando fueron sometidas a una intensidad de campo magnético de 0.096T (tesla). Sin embargo cuando las plantas de fresa fueron sometidas a intensidades mayores de campo magnético de 0.192 y 0.384T, el peso del fruto disminuyó a 8.78g/fruto en ambos casos. Por otro lado los resultados evaluados por Al-Shrouf (2014) en pepino, no mostraron diferencias significativas en el peso del fruto con valores de 3.2 y 3.1g/fruto en plantas regadas con agua mejorada y sin mejorar respectivamente.

4.6.4. Efecto de la interacción tipo de agua y nivel de humedad del suelo

De acuerdo a la comparación de medias, se observa en la figura 35 que el peso promedio del fruto se incrementaba a medida que el nivel de humedad del suelo aumentaba, sin embargo el agua desionizada dio mayor peso promedio que el agua de La Molina en cualquiera de los niveles de humedad del suelo. Así el mayor peso promedio del fruto se obtuvo utilizando agua desionizada a un nivel de humedad del 80% equivalente a 20.5g.

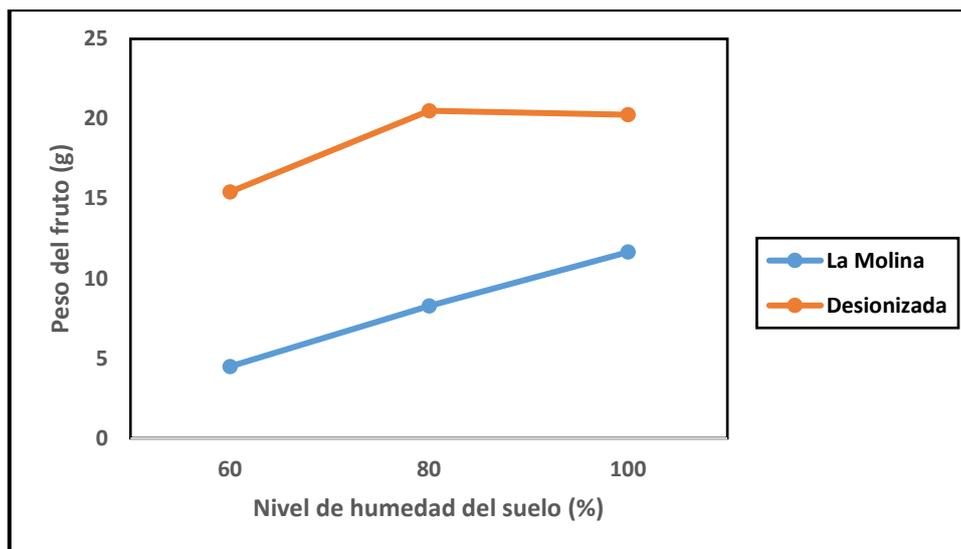


Figura 35 Peso del fruto de fresa sometido a tres niveles de humedad del suelo y dos tipos de agua.

Los resultados que se observan en la figura 35 se explican ya que el agua desionizada, al no ser un agua salina favorece el desarrollo del fruto en la fresa, de igual manera valores altos de humedad del suelo generan mayor transporte de agua y nutrientes a los frutos.

4.6.5. Efecto de la interacción tipo de agua y uso de la tecnología HDMR

Como se puede apreciar en la figura 36 el agua desionizada favoreció el incremento del peso del fruto, sin embargo el uso de la tecnología HDMR provocó un efecto negativo en la acumulación de peso. Por ello utilizando agua desionizada para el riego, el uso del mejorador magnético generó un peso promedio del fruto de 16.77g en cambio, cuando no se usó este dispositivo el peso fue de 20.68g.

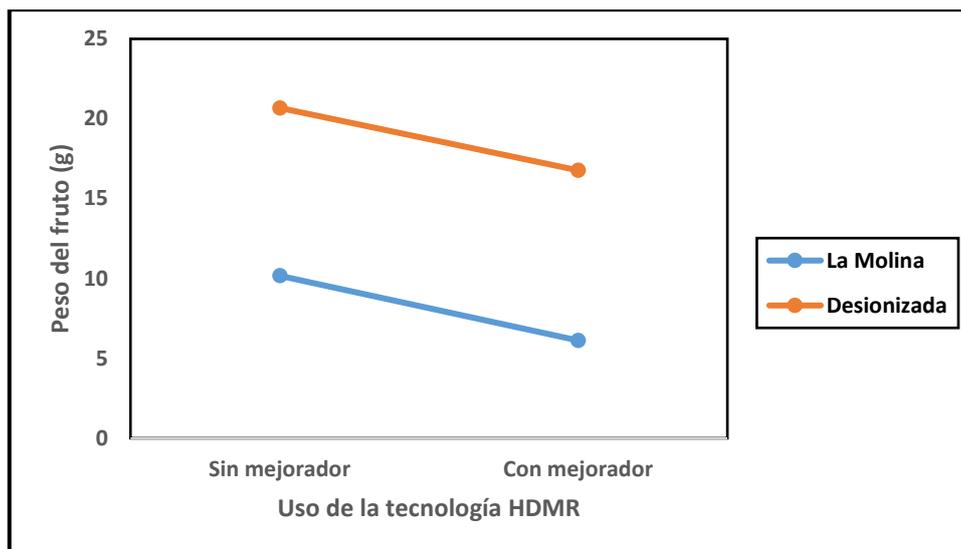


Figura 36 Peso del fruto de fresa sometido a dos tipos de agua y al uso del mejorador magnético.

4.6.6. Efecto de la interacción nivel de humedad del suelo y uso de la tecnología HDMR

El incremento del nivel de humedad del suelo generó un mayor peso promedio del fruto, sin embargo el uso del mejorador causó un efecto contrario por lo que el mejor resultado se obtuvo sin usar el mejorador magnético a un 100% de humedad del suelo equivalente a 17.17g (Figura 37).

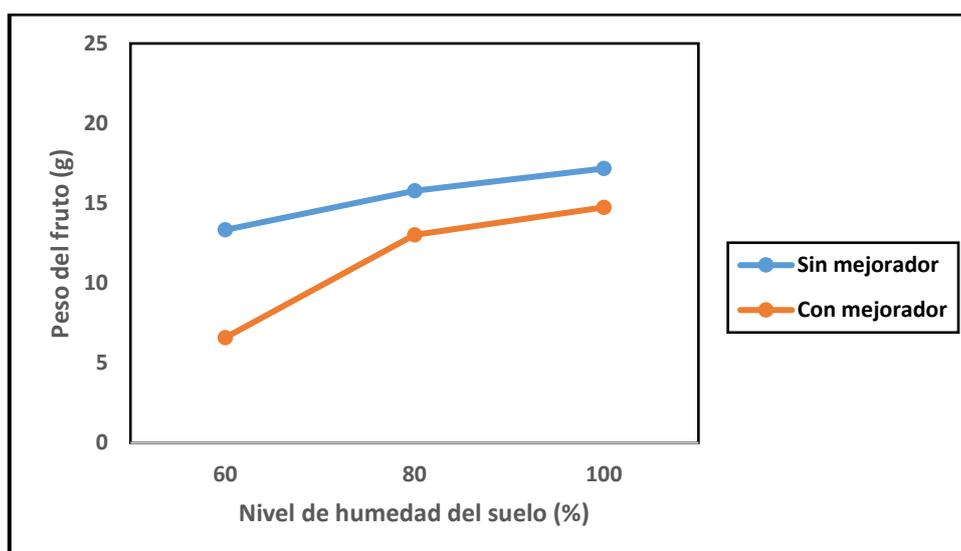


Figura 37 Peso del fruto de fresa sometido a tres niveles de humedad del suelo y a dos tipos de agua.

4.6.7. Efecto de la interacción tipo de agua, nivel de humedad del suelo y uso de la tecnología HDMR.

De acuerdo al análisis estadístico y comparación de medias (Duncan 0.05), el mejor resultado para peso del fruto se obtuvo cuando se realizó la interacción del agua desionizada, sin usar la tecnología HDMR y con un 80% de humedad del suelo con un valor de 22.9g/fruto. Además, el agua desionizada en interacción con los otros dos factores genera valores de peso del fruto mayores estadísticamente que el agua de La Molina (Figura 38).

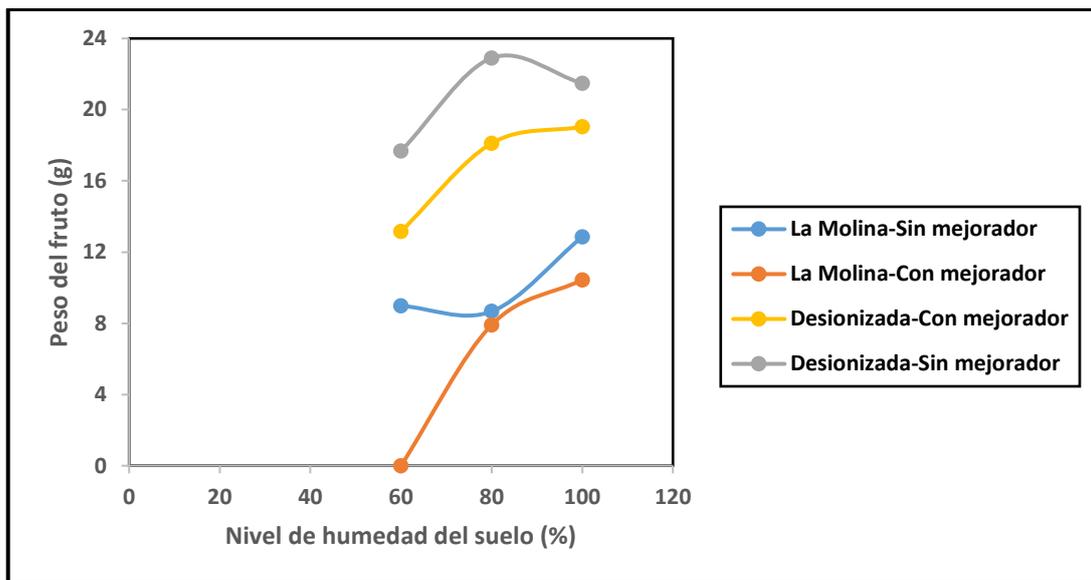


Figura 38 Peso del fruto de fresa sometido a tres niveles de humedad del suelo, dos tipos de agua y al uso de la tecnología HDMR.

4.7. Calibre del fruto

4.7.1. Efecto del tipo de agua

Se observa diferencia significativa en el efecto del tipo de agua sobre el calibre del fruto, de acuerdo a Duncan (0.05). Así, en la figura 39 se puede observar que el agua desionizada generó el valor más alto de calibre, siendo este 33.28mm frente al agua de La Molina, cuyo calibre fue de 21.39mm.

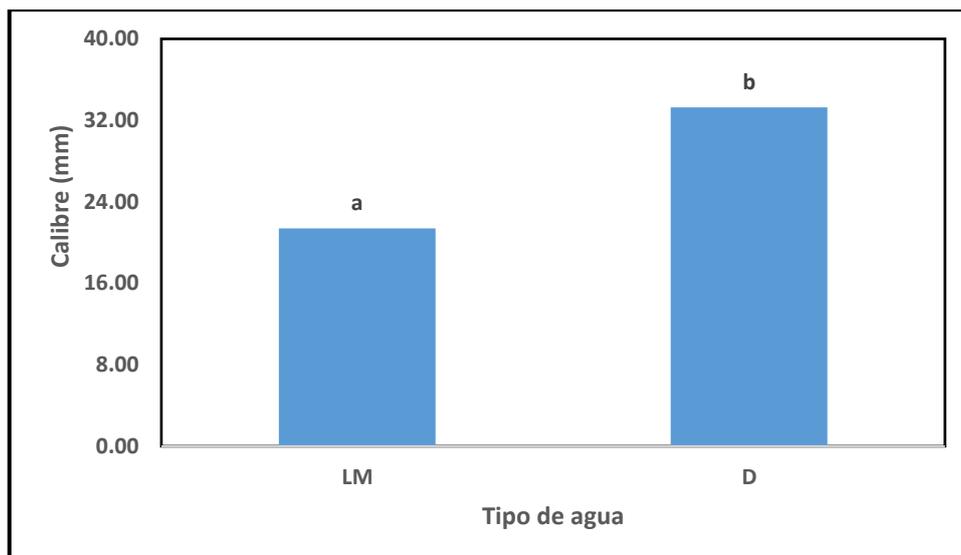


Figura 39 Efecto del tipo de agua sobre el calibre del fruto (g).

Promedios con letras distintas indican diferencia significativa según la prueba de Duncan ($P > 0,05$)

Resultados similares se encontraron en los estudios realizados por Babak et al. (2015), quienes observaron un incremento significativo en el diámetro del fruto en fresa cv. Selva de 23.51mm cuando las plantas fueron expuestas a estrés salino de 40mM a 27.91 cuando se utilizó agua destilada para el riego.

4.7.2. Efecto del nivel de humedad del suelo

Respecto al efecto del nivel de humedad del suelo sobre el calibre del fruto, se puede observar en la figura 40 que de acuerdo al análisis estadístico y comparación de medias (Duncan 0.05) los valores más altos se registraron con el 80 y 100% de humedad del suelo con valores de calibre de 29.67 y 30.83mm. Por el contrario, el calibre más pequeño se obtuvo cuando el nivel de humedad del suelo fue de 60% registrándose un valor de 21.5mm.

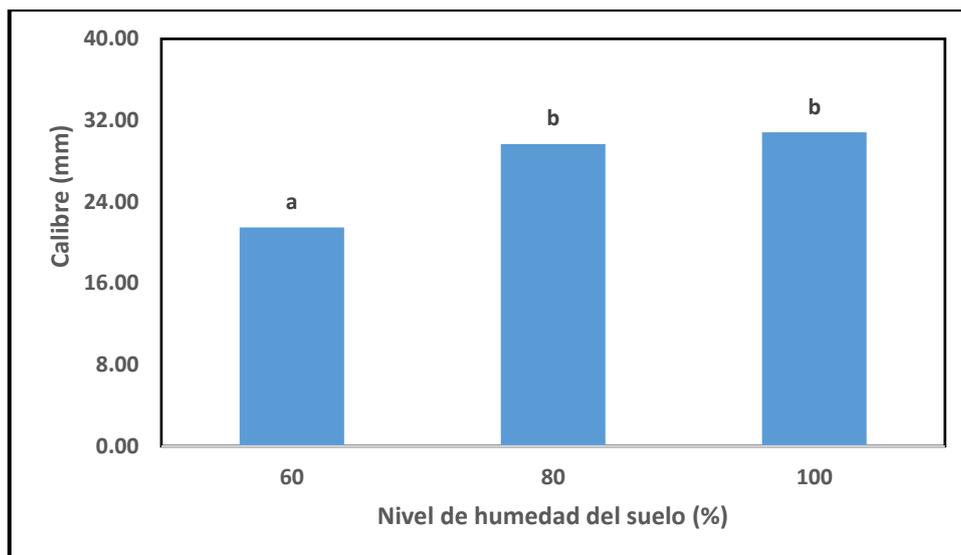


Figura 40 Efecto del nivel de humedad del suelo sobre el calibre del fruto (g).
Promedios con letras distintas indican diferencia significativa según la prueba de Duncan ($P > 0,05$)

Estudios realizados por Modise (2013) en fresa, mostraron una reducción del diámetro de la fruta cuando fue sometida a estrés hídrico, sin embargo esta reducción en promedio fue menor al 10% comparado a los tratamientos que no fueron sometidos a dicho estrés. En comparación con este estudio, nuestros resultados muestran una reducción del 30% tomando en cuenta el 100 y 60% del nivel de humedad del suelo. Esta diferencia de reducción puede deberse a que en los tratamientos realizados por Modise (2013) fueron sometidos a estrés hídricos solo en dos etapas de la planta (floración y fructificación), por el contrario en nuestro estudio el estrés hídrico se mantuvo en todo el desarrollo del cultivo.

4.7.3. Efecto del uso de la tecnología HDMR

El uso de la tecnología HDMR provocó un efecto positivo y significativo estadísticamente sobre el calibre del fruto dando un resultado de 30.72mm respecto de los tratamientos que no utilizaron el mejorador magnético, teniendo un valor promedio de calibre de 23.94mm, tal como se puede apreciar en la figura 41.

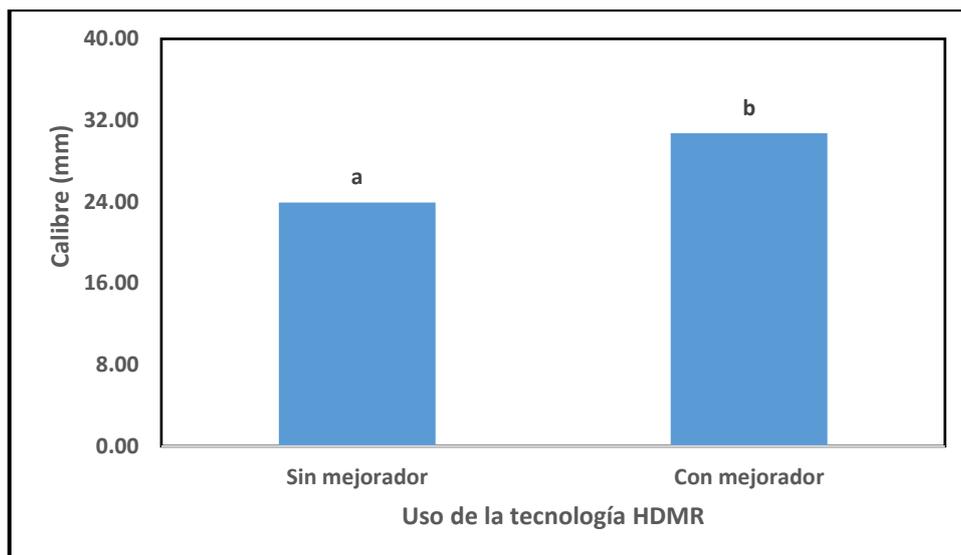


Figura 41 Efecto del mejorador magnético sobre el calibre del fruto (g).

Promedios con letras distintas indican diferencia significativa según la prueba de Duncan ($P > 0,05$)

Estos resultados positivos del efecto del tratamiento magnético del agua son reforzados por los estudios realizados por Shahin et al. (2016) en pepino, quienes mostraron que el tratamiento magnético del agua en las plantas generó un aumento significativo en el diámetro del fruto.

4.7.4. Efecto de la interacción tipo de agua y nivel de humedad del suelo

En la figura 42 se puede apreciar que en ambos tipos de agua, un incremento en la humedad del suelo dio como resultado un valor mayor del calibre del fruto. Siendo el agua desionizada en combinación con el factor nivel de humedad del suelo, los tratamientos que registraron valores más altos estadísticamente de calibre del fruto. Así, usando agua desionizada a un 80% de humedad del suelo se obtuvo un calibre de 34.67mm, el cual representa el valor más alto; por el contrario el valor más bajo se obtuvo al usar el agua de La Molina a un 60% de humedad del suelo, registrándose un valor de 12mm de calibre.

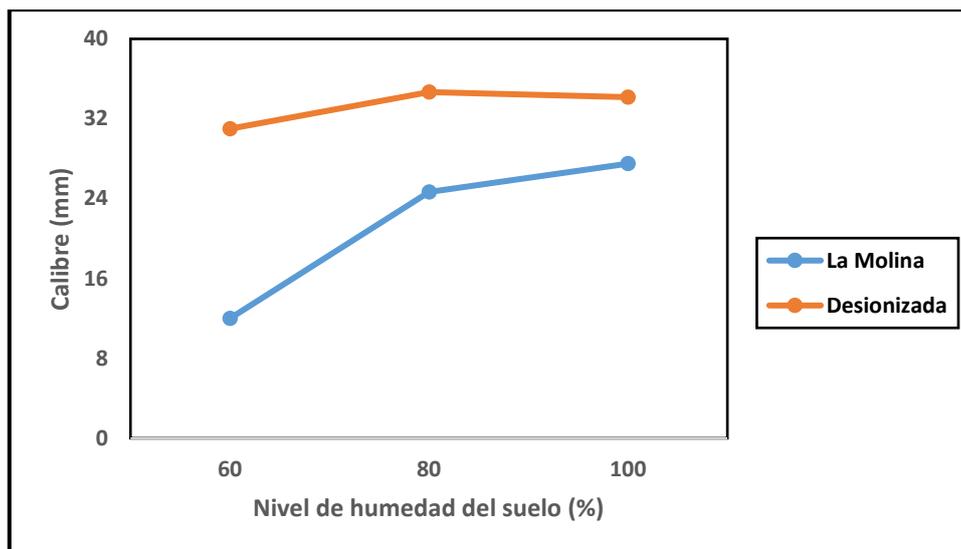


Figura 42 Calibre del fruto de fresa sometido a tres niveles de humedad del suelo y dos tipos de agua.

4.7.5. Efecto de la interacción tipo de agua y uso de la tecnología HDMR

En la figura 43 se puede apreciar que el uso del mejorador magnético genera un impacto negativo en los valores de calibre del fruto en ambos tipos de agua, siendo mayor el impacto con el agua de La Molina con un valor de 16.67mm, siendo este valor el más bajo estadísticamente de todos los tratamientos. Por el contrario los valores más altos se obtuvieron cuando no se utilizó la tecnología HDMR, obteniéndose el mejor resultado cuando se empleó el agua desionizada, generando un valor de 35.33mm de calibre.

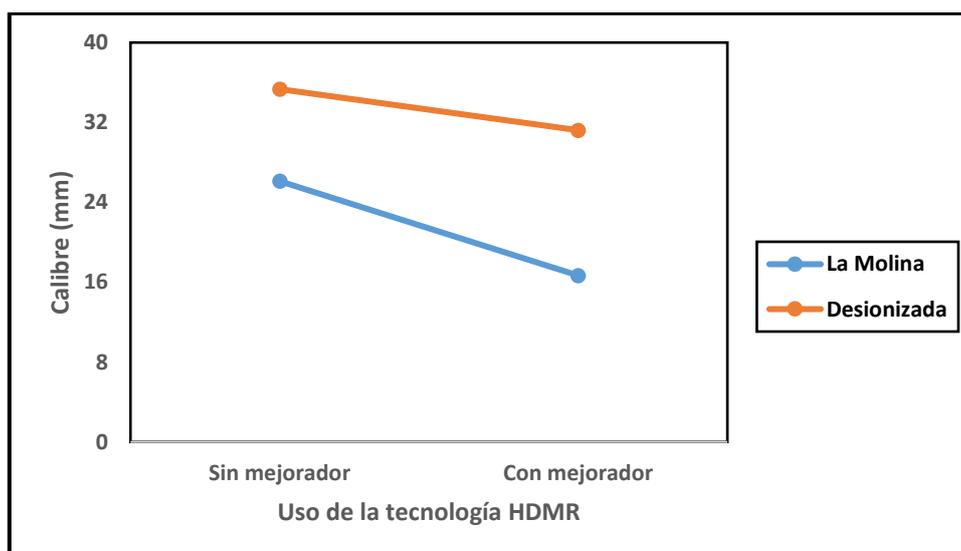


Figura 43 Calibre del fruto de fresa sometido a dos tipos de agua y al uso del mejorador magnético.

Ali et al. (2014) mencionan que cuando el agua se magnetiza, cambian algunas propiedades que pueden alterar las características de la planta, el crecimiento y la producción. Para efectos de este estudio el mejorador magnético afectó negativamente el calibre del fruto.

4.7.6. Efecto de la interacción nivel de humedad y uso de la tecnología HDMR

El incremento en el nivel de humedad del suelo generó un efecto positivo sobre los valores de calibre del fruto, tanto para los tratamientos que usaron la tecnología HDMR como para los que no. De esta manera, los mejores resultados se obtuvieron al no usar el mejorador magnético y con el 80 y 100% de humedad del suelo, registrándose valores de calibre de 30.83 y 32.17mm respectivamente. Por el contrario el valor más bajo de calibre se obtuvo con el 60% de humedad del suelo acompañado del uso de la tecnología HDMR siendo este valor de 13.83mm, tal como se puede apreciar en la figura 44.

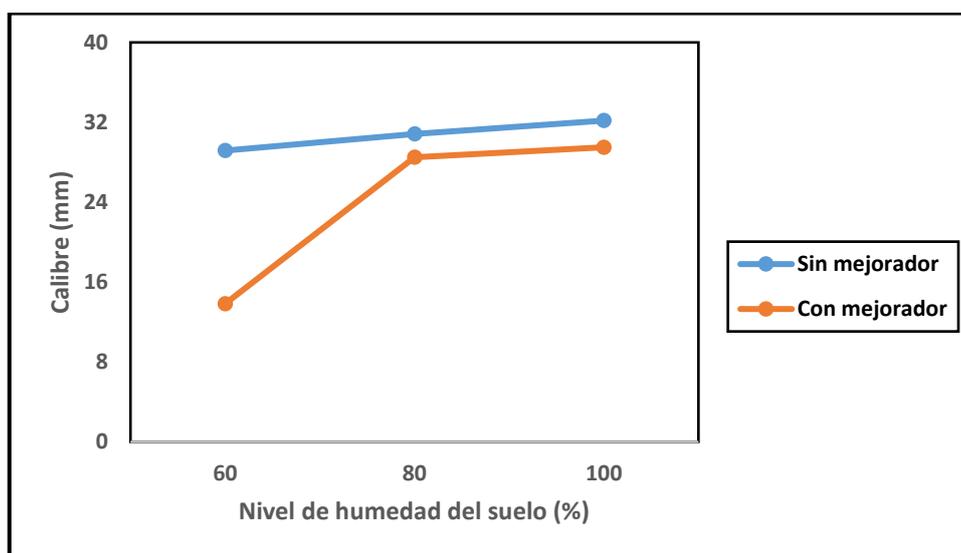


Figura 44 Calibre del fruto de fresa sometido a tres niveles de humedad del suelo y a dos tipos de agua.

4.7.7. Efecto de la interacción tipo de agua, nivel de humedad del suelo y uso de la tecnología HDMR

Se puede observar en la figura 45 que a excepción del tratamiento con agua desionizada filtrada por el mejorador magnético, el incremento del nivel de humedad del suelo tuvo un efecto positivo sobre los valores de calibre del fruto en interacción con los factores tipo de agua y uso de la tecnología HDMR. Sin embargo las mejores combinaciones se obtuvieron cuando se usó el agua desionizada sin filtrarse por el mejorador magnético siendo los valores para 60, 80 y 100% de humedad del suelo 34.33, 35.67 y 36mm respectivamente. Por el uso

de la tecnología HDMR tuvo un efecto contrario al nivel de humedad del suelo en ambos tipos de agua, siendo los valores más bajos de calibre cuando se usó el agua de La Molina filtrada por el mejorador magnético con valores de 0, 23.33 y 26.67mm en niveles de humedad de 60, 80 y 100% respectivamente.

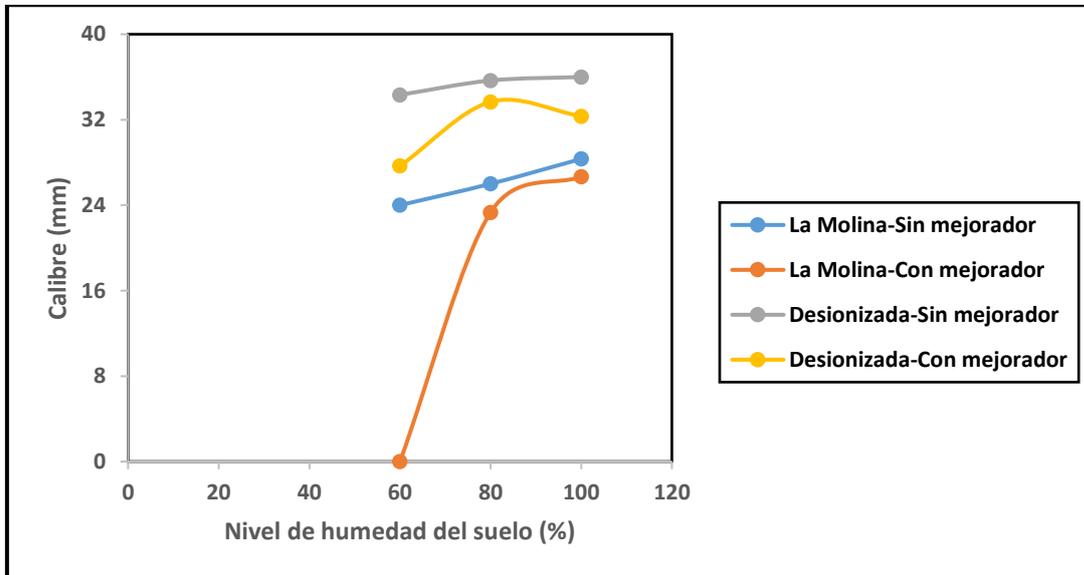


Figura 45 Calibre del fruto de fresa sometido a tres niveles de humedad del suelo, dos tipos de agua y al uso del mejorador magnético.

4.8. Coeficiente de partición de biomasa (CPB) de cada componente

4.8.1. Efecto del tipo de agua

En el cuadro 46 se observa que el coeficiente de partición de biomasa presente en la raíz, y frutos de los tratamientos con agua desionizada fueron significativamente mayor que los obtenidos con los tratamientos con agua de La Molina, según la prueba de Duncan (0.05). En ambos tipos de agua de riego los fotosintatos se enviaban en mayor cantidad a las hojas y frutos y menos a corona y raíces. Sin embargo hay diferencia significativa en la cantidad de fotosintatos enviados a los frutos, siendo mayor en las plantas de fresa regadas con agua desionizada, esto concuerda con una mayor producción de este tipo de plantas, siendo la media 171.39gr frente a las plantas regadas con agua de La Molina con un valor medio de 45.89g (Figura 18).

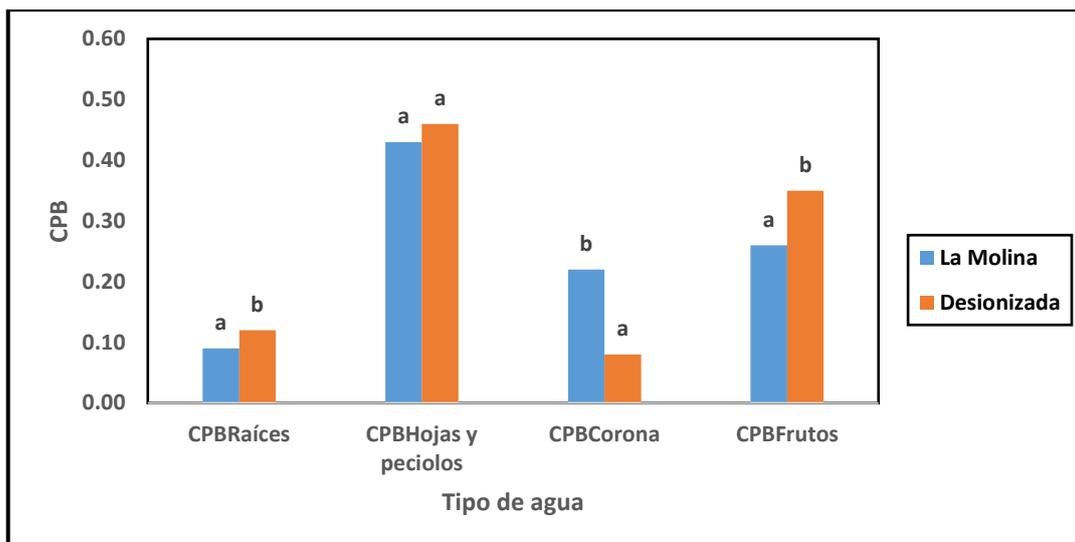


Figura 46 CPB de los componentes de la fresa sometidos a dos tipos de agua.
Promedios con letras distintas indican diferencia significativa según la prueba de Duncan ($P > 0.05$)

De acuerdo a los datos obtenidos por Turhan y Eris (2005) sobre el peso seco de hojas y raíces en los cultivares de fresa Camarosa y Tioga sometidos a diferentes niveles de salinidad se puede deducir que el coeficiente de partición de biomasa en hojas disminuyó cuando las plantas fueron sometidas a condiciones salinas mayor 1000mg/litro de NaCl, en cambio el coeficiente de partición de biomasa en raíces disminuyó cuando las plantas fueron expuestas a niveles de salinidad a partir de 500mg/litro de NaCl en ambos cultivares. Asimismo hubo mayor distribución de fotosintatos a las hojas en comparación con las raíces. Estos resultados guardan relación con lo evaluado en este ensayo.

4.8.2. Efecto del nivel de humedad del suelo

De acuerdo al análisis estadístico y la comparación de medias, se puede observar en la figura 47 que el nivel de humedad del suelo tuvo un efecto variado sobre el coeficiente de partición de biomasa en cada uno de los componentes de la fresa. Así en el caso de las raíces no se observó diferencias significativas en los valores de CPB para los diferentes niveles de humedad del suelo. En el caso de las hojas y peciolo, el nivel de humedad del suelo de 80% generó el CPB más alto equivalente a 0.52. Respecto a la corona el 60% de humedad del suelo dio como resultado el valor más alto significativamente en el CPB con 0.25 y, por último, en el caso de los frutos, un incremento en el nivel de humedad del suelo generó un aumento en el valor de CPB, siendo el más alto de 0.38 cuando se empleó el 100% de humedad del suelo.

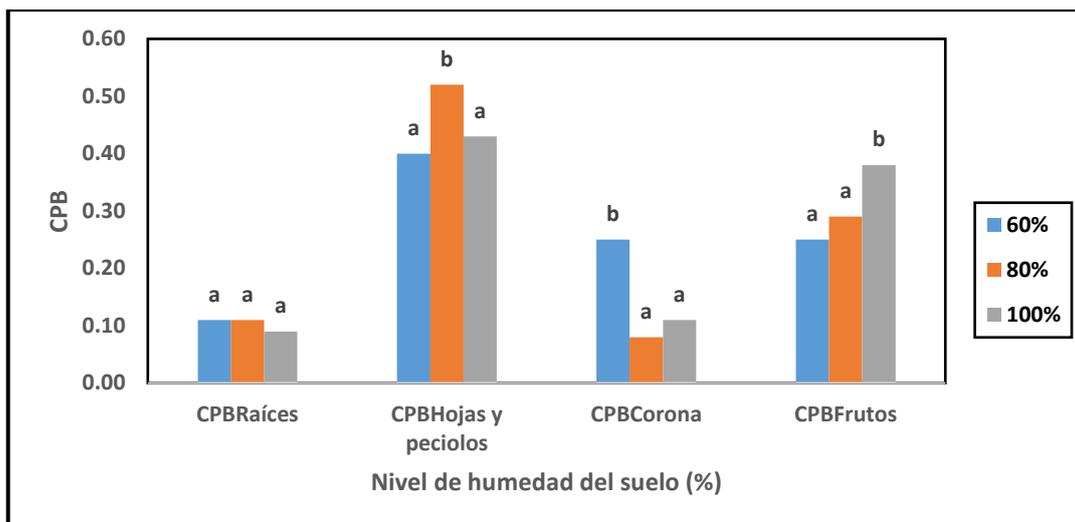


Figura 47 CPB de los componentes de la fresa sometidos a tres niveles de humedad del suelo.
Promedios con letras distintas indican diferencia significativa según la prueba de Duncan ($P > 0.05$)

De acuerdo a los datos obtenidos por Pires et al. (2006) sobre el peso seco en la raíz del cultivo de fresa, se puede deducir que los tratamientos sometidos a estrés hídrico mayor a 0.01MPa presentaron menor coeficiente de partición de biomasa en comparación con los tratamientos control. En comparación con los resultados obtenidos en este ensayo no se observó diferencia estadística a un 60 y 80% de humedad del suelo, sin embargo al 100% de humedad el valor de CPB disminuyó, lo cual puede explicarse porque una mayor saturación de agua en el suelo evita que las raíces puedan desenvolverse adecuadamente ya que la porosidad del suelo disminuye.

4.8.3. Efecto del uso de la tecnología HDMR

El uso de la tecnología HDMR no influyó en los valores de CPB de la raíz y los frutos, tal como se puede apreciar en la figura 48. Además el CPB de las hojas y peciolo fue mayor significativamente cuando no se filtró el agua de riego por el mejorador magnético con un valor de 0.49, por el contrario el CPB de la corona tuvo mejor resultado cuando se utilizó la tecnología HDMR en el agua de riego con un valor de 0.21.

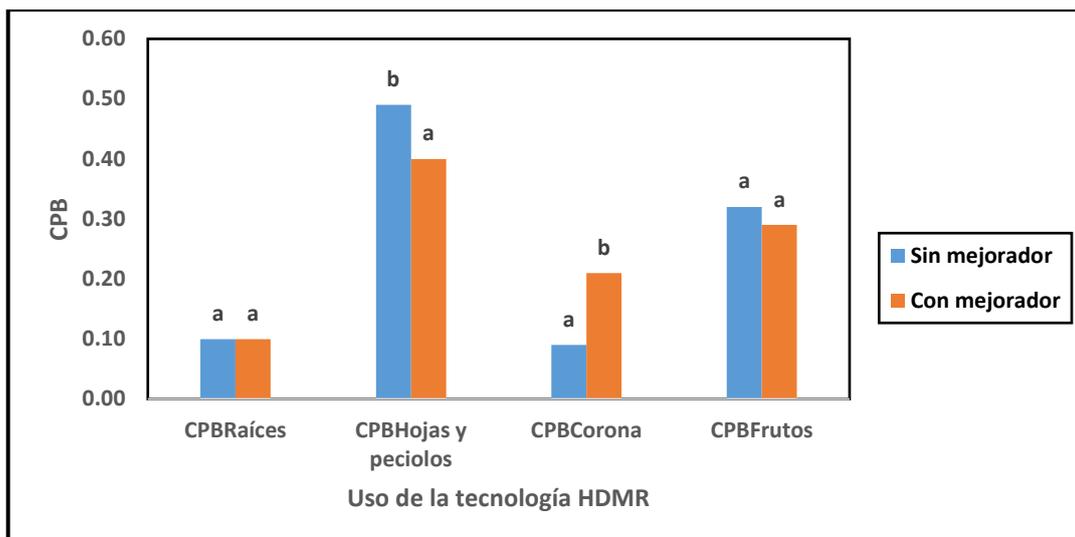


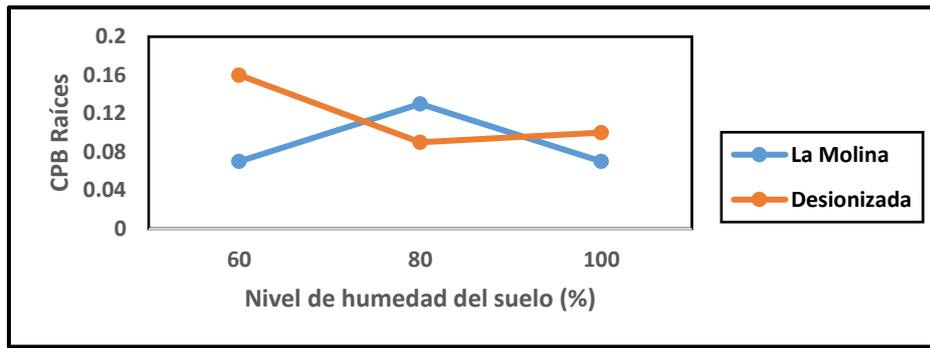
Figura 48 Efecto del uso de la tecnología HDMR sobre el CPB de los componentes de la fresa.

De acuerdo a los resultados obtenidos por Turker et al. (2007) sobre el peso seco de raíz, tallo y hojas en maíz, se puede deducir que hubo una disminución en el coeficiente de partición de biomasa en el tallo y las hojas cuando las plantas se sometieron al tratamiento magnético, sin embargo esta reducción no fue significativa. En el caso de la raíz si hubo una disminución significativa en el coeficiente de partición de biomasa cuando se usó el tratamiento magnético.

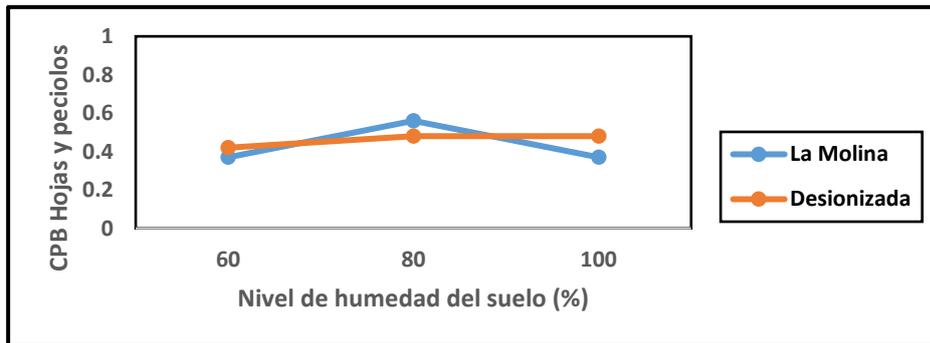
4.8.4. Efecto de la interacción tipo de agua y nivel de humedad del suelo

En la figura 49 se puede apreciar que la interacción de los factores tipo de agua y nivel de humedad del suelo tuvo un efecto variado en los valores de CPB en cada componente de la fresa. Así las mejores combinaciones para el caso de raíz y, hojas y peciolo se dio cuando se usó agua desionizada y 60% de humedad del suelo, en el primer caso y agua de La Molina y 80% de humedad del suelo en el segundo caso con valores de CPB de 0.16 y 0.56 respectivamente. En el caso de la corona y los frutos los valores más altos de CPB se obtuvieron al combinar el agua de La Molina con 60% de humedad del suelo, en el primer caso y el agua de La Molina con 100% de humedad del suelo en el segundo caso con valores de CPB de 0.40 en ambos casos.

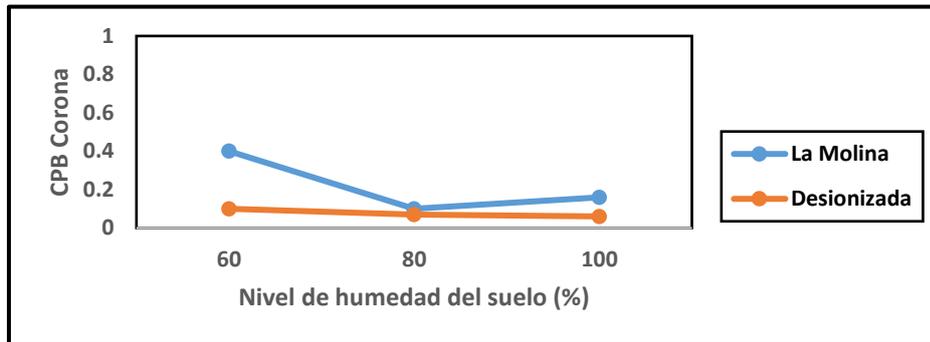
1.



2.



3.



4.

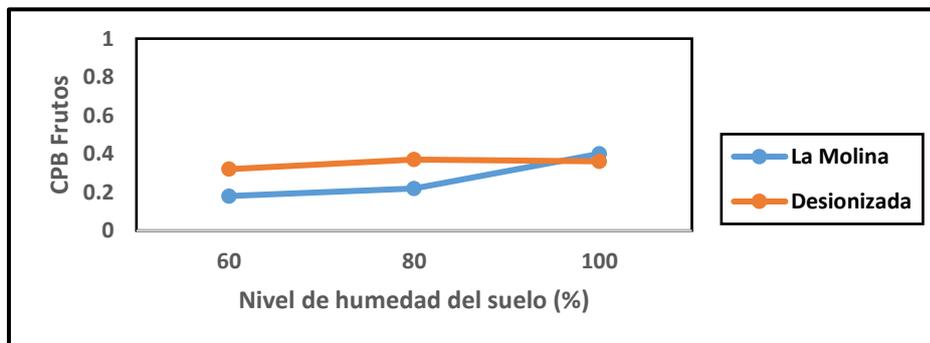


Figura 49 CPB de la raíz (1), hojas y peciolo (2), corona (3) y frutos (4) sometidos a tres niveles de humedad del suelo y dos tipos de agua de riego.

De acuerdo a los efectos de la interacción del tipo de agua y el nivel de humedad del suelo, las hojas y peciolo acumularon mayor contenido de fotosintatos en comparación a los otros componentes. Al respecto Ayers y Westcot (1985) menciona que la pérdida de agua es mayor en las hojas, por lo tanto cuando se tomaron los datos de peso fresco de las hojas y peciolo, estas ya habían perdido gran cantidad de agua durante toda la fase del cultivo por lo que la diferencia con el peso seco fue menor en comparación con los demás componentes, por ello la acumulación de materia seca es mayor y en consecuencia el CPB también.

4.8.5. Efecto de la interacción tipo de agua y uso de la tecnología HDMR

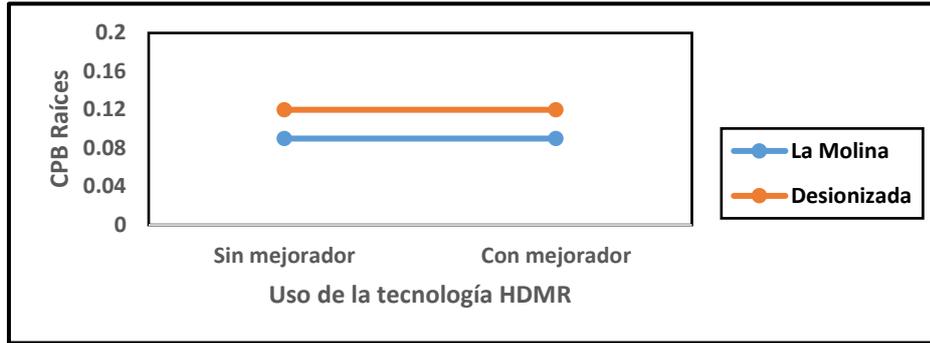
En la figura 50 se puede observar el efecto variado de la interacción del tipo de agua y la tecnología HDMR en cada uno de los componentes de la fresa. Así para el caso de las raíces el uso del mejorador magnético no tuvo efecto significativo en los CPB de cada tipo de agua con valores de 0.09 y 0.12 para el agua de La Molina y desionizada respectivamente. En el caso de las hojas y peciolo, el uso del mejorador magnético tuvo un efecto negativo para los valores de CPB en ambos tipo de agua. Respecto a la corona, el uso de la tecnología HDMR no tuvo efecto significativo cuando se interactuó con el agua desionizada, pero sí cuando se combinó con el agua de La Molina generando un valor más alta cuando se utilizó esta tecnología equivalente a 0.35.

4.8.6. Efecto de la interacción nivel de humedad y uso de la tecnología HDMR

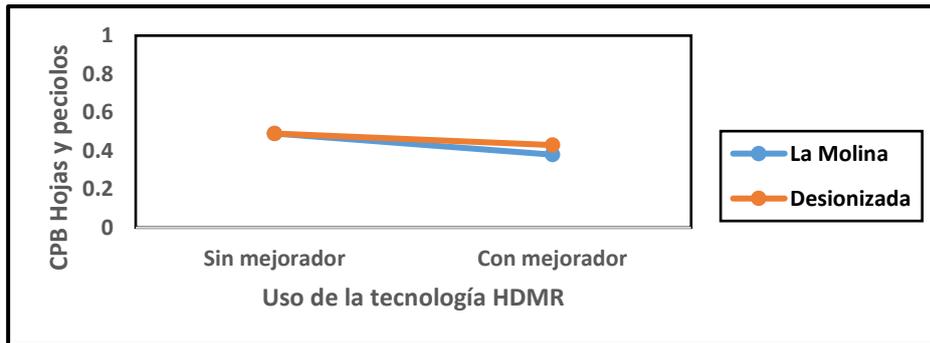
En la figura 51 se puede apreciar que el efecto de la interacción del nivel de humedad y del uso de la tecnología HDMR fue diverso en cada componente de la fresa. Así en el caso de la raíz, no hubo efecto significativo al interactuar estos dos factores. En el caso de las hojas y peciolo la mejor combinación se dio cuando se filtró el agua de riego por el mejorador magnético a un nivel de humedad del suelo de 80% con un valor de 0.5; para el caso de la corona y los frutos el uso de la tecnología HDMR aportó significativamente en los valores de CPB cuando se usó 60 y 100% de humedad del suelo con valores de 0.40 y 0.41 respectivamente.

Se han hecho algunas afirmaciones de que el tratamiento magnético del agua de riego puede mejorar la productividad del agua (Duarte Diaz et al., 1997). Para efectos del CPB, se puede confirmar lo mencionado por este autor en los componentes de hojas y peciolo, corona y frutos.

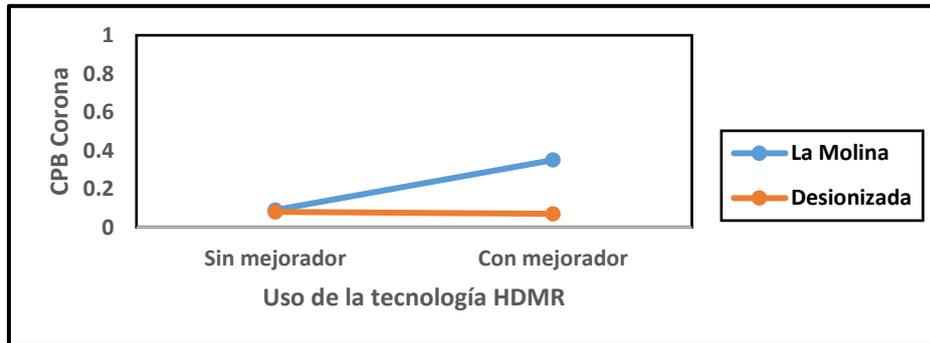
1.



2.



3.



4.

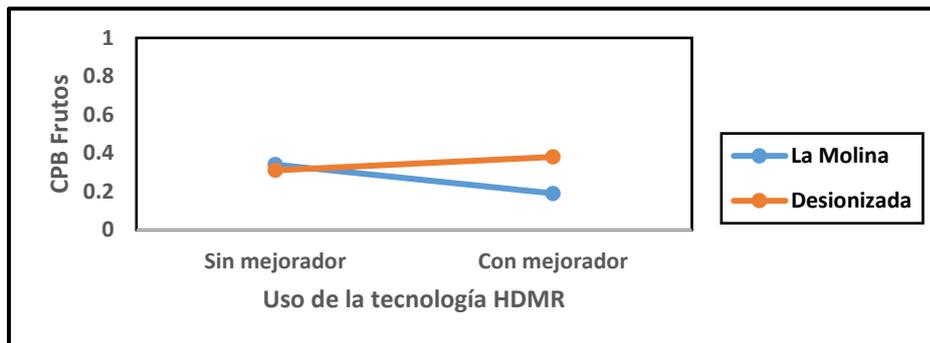
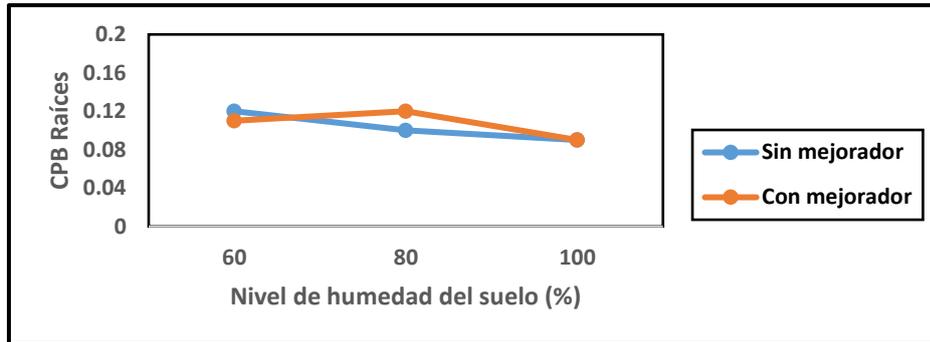
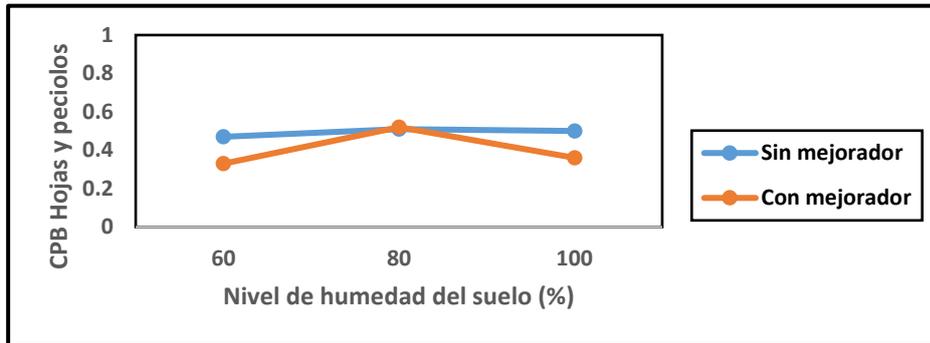


Figura 50 CPB de la raíz (1), hojas y peciolo (2), corona (3) y frutos (4) sometidos dos tipos de agua de riego y al uso de la tecnología HDMR.

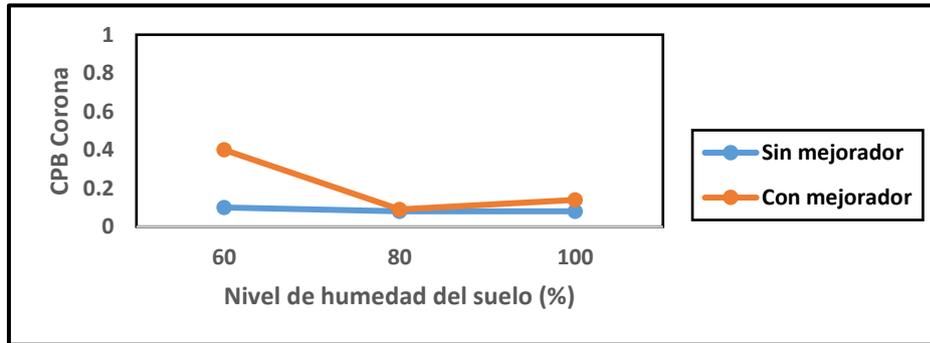
1.



2.



3.



4.

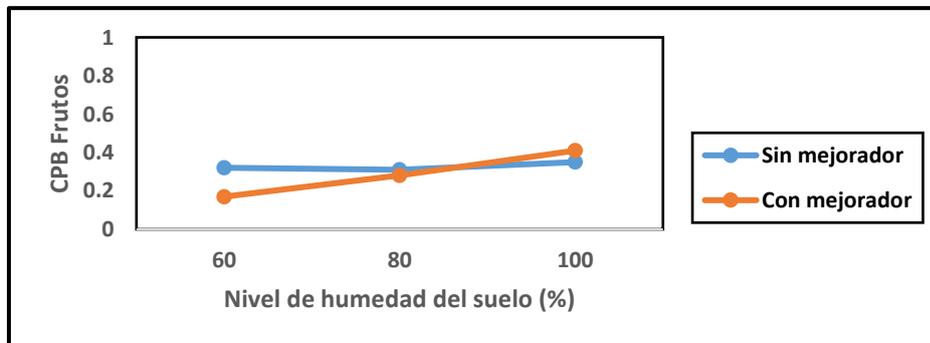


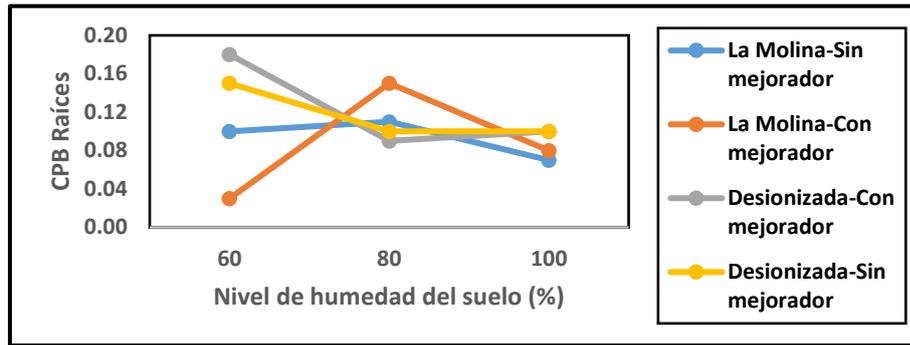
Figura 51 CPB de la raíz (1), hojas y peciolo (2), corona (3) y frutos (4) sometidos a tres niveles de humedad del suelo y al uso de la tecnología HDMR.

4.8.7. Efecto de la interacción tipo de agua, nivel de humedad del suelo y uso de la tecnología HDMR

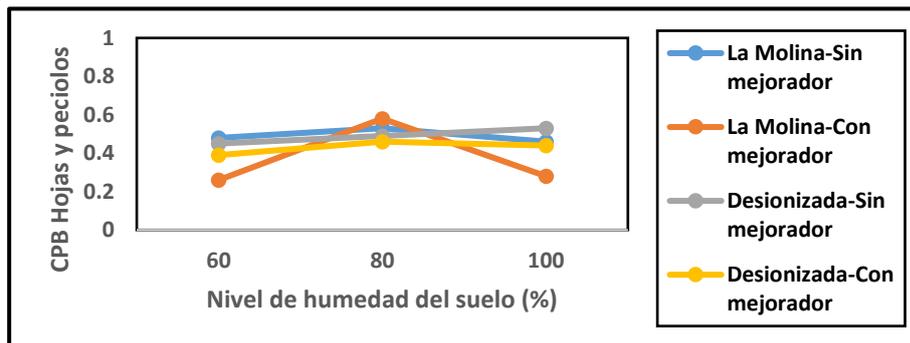
De acuerdo al análisis estadístico y la comparación de medias de Duncan (0.05) se observa, en la figura 52, que hubo un efecto variado en la combinación de los tres factores en estudio. Así en el caso de la raíz, el uso del agua desionizada filtrada por el mejorador magnético con un nivel de humedad del suelo del 60% generó el valor más alto de CPB equivalente a 0.18. En el caso de las hojas y peciolo, corona y frutos el uso del agua de La Molina y el mejorador magnético aportaron significativamente al incremento de los valores de CPB de estos componentes con valores de 0.58, 0.71 y 0.42 cuando se usó los niveles de humedad de 80, 60 y 100% respectivamente.

Estos resultados se explican porque el agua de La Molina, al ser un agua salina, genera menor acumulación de agua en los órganos de la planta, por lo tanto el valor de peso seco va a ser mayor respecto al peso fresco, lo que se convierte en valores de CPB mayor que en el caso del agua desionizada.

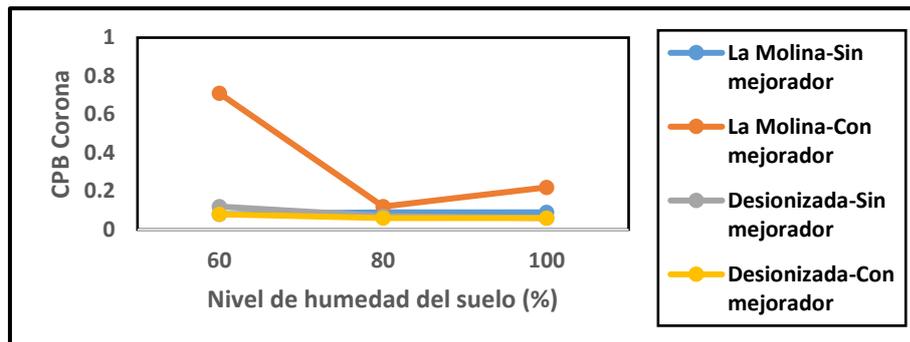
1.



2.



3.



4.

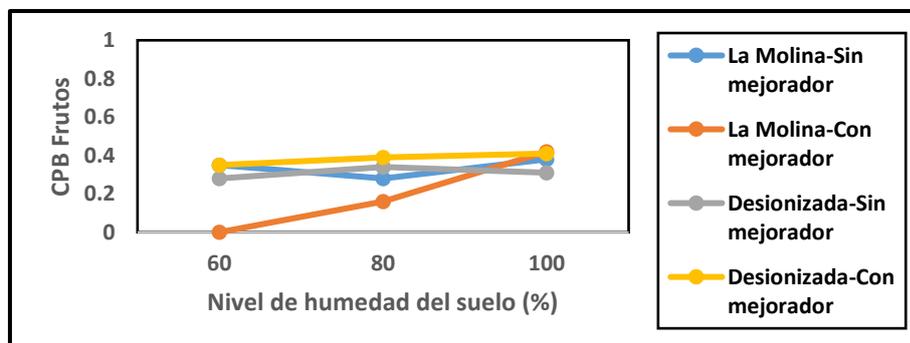


Figura 52 CPB de la raíz (1), hojas y peciolo (2), corona (3) y frutos (4) sometidos a tres niveles de humedad del suelo, dos tipos de agua y al uso de la tecnología HDMR.

4.9. Eficiencia del uso de agua (EUA)

4.9.1. Efecto del tipo de agua

De acuerdo al análisis estadístico y la comparación de medias (Duncan 0.05), se puede observar en la figura 53 que el agua desionizada generó la mayor eficiencia en el uso del agua con un valor de 17.05g/L.

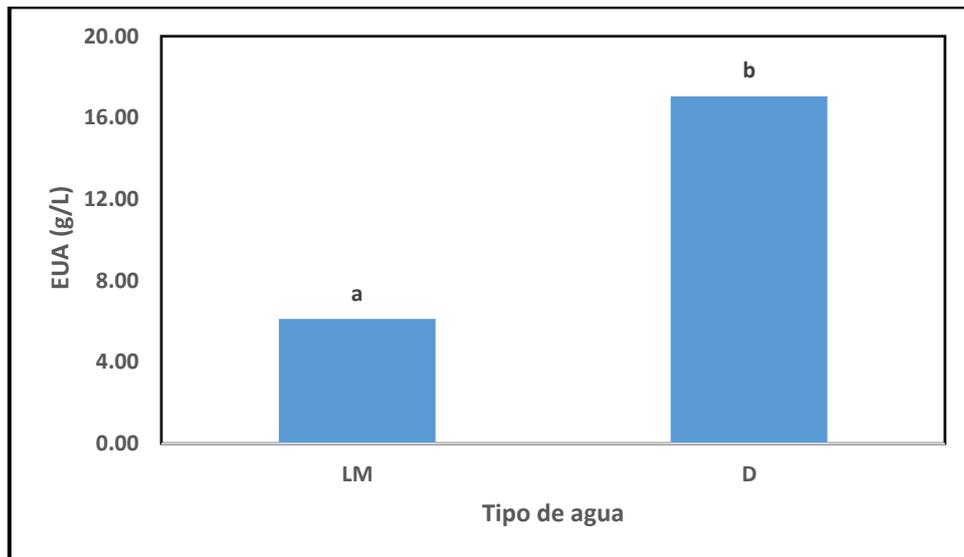


Figura 53 Efecto del tipo de agua sobre la EUA.

Promedios con letras distintas indican diferencia significativa según la prueba de Duncan ($P > 0,05$)

Estudios similares realizados por Khataar et al. (2018) en frejol y trigo mostraron también una reducción en la eficiencia de uso de agua de estas plantas, cuando fueron sometidas a niveles de salinidad del suelo mayores a 4dS/m y 8dS/m respectivamente. De la misma manera, Al-Karaki (2000) obtuvo una reducción en la eficiencia de uso de agua en el cultivo de tomate cuando fue sometido a niveles de salinidad a partir de 72mM de NaCl.

4.9.2. Efecto del uso de la tecnología HDMR en el agua

En la figura 54 se puede apreciar que el efecto del mejorador magnético no es significativo, sin embargo la EUA es mayor en las plantas regadas con agua mejorada con 12.07g/L.

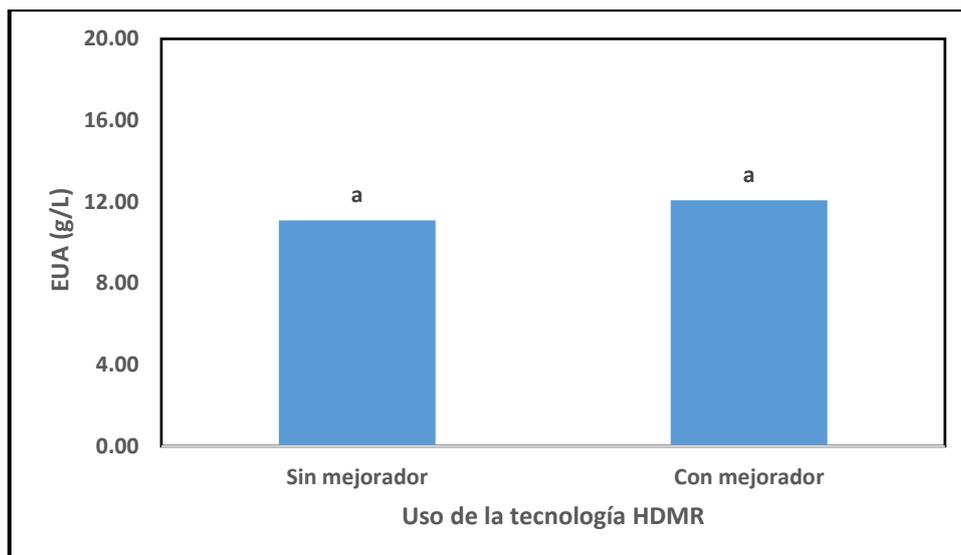


Figura 54 Efecto del uso de la tecnología HDMR sobre la EUA.

Promedios con letras distintas indican diferencia significativa según la prueba de Duncan ($P>0,05$)

De la misma manera, los resultados de la evaluación de Al-Shrouf (2014) en pepino, muestran que la EUA en plantas regadas con agua magnética fue mayor, con 78g/L, que en plantas regadas con agua del grifo sin tratar, la cual obtuvo una EUA de 62g/L.

4.9.3. Efecto del nivel de humedad del suelo

La eficiencia del agua disminuyó de acuerdo a un menor nivel de humedad del suelo, así se puede apreciar en la figura 55 que a un nivel de humedad del 60%CC la EUA fue de 8.50g/L frente a un nivel de humedad del 100% con una EUA de 14.65g/L.

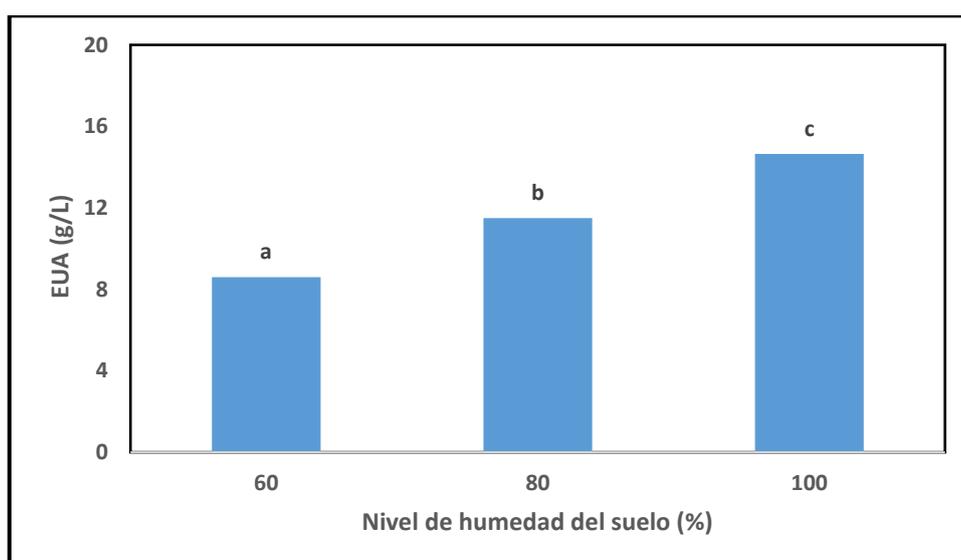


Figura 55 Efecto del nivel de humedad del suelo sobre la EUA.

Promedios con letras distintas indican diferencia significativa según la prueba de Duncan ($P>0,05$)

Estos resultados tienen relación con lo obtenido por Lutfor Rahman et al. (1999) y Klamkowski et al. (2015) quienes observaron una disminución en la eficiencia de uso de agua (EUA) bajo estrés hídrico en plantas de tomate y fresa respectivamente. Sin embargo, los resultados obtenidos por Kirschbaum et al. (2004) en fresa var. Chandler, muestran que la EUA no fue estadísticamente diferente entre los tratamientos y varió de 4.0 a 4.5g/L, lo que indica que el estrés hídrico no afectó la EUA; sin embargo, esta tendió a disminuir al aumentar el riego.

4.9.4. Efecto de la interacción tipo de agua y nivel de humedad del suelo

De acuerdo a la comparación de medias (Duncan 0.05) se observa en la figura 56 que el nivel de humedad del suelo tuvo mejor interacción con el agua desionizada, donde el valor más alto significativamente se obtuvo al 100% de nivel de humedad del suelo equivalente a 14.65g/L.

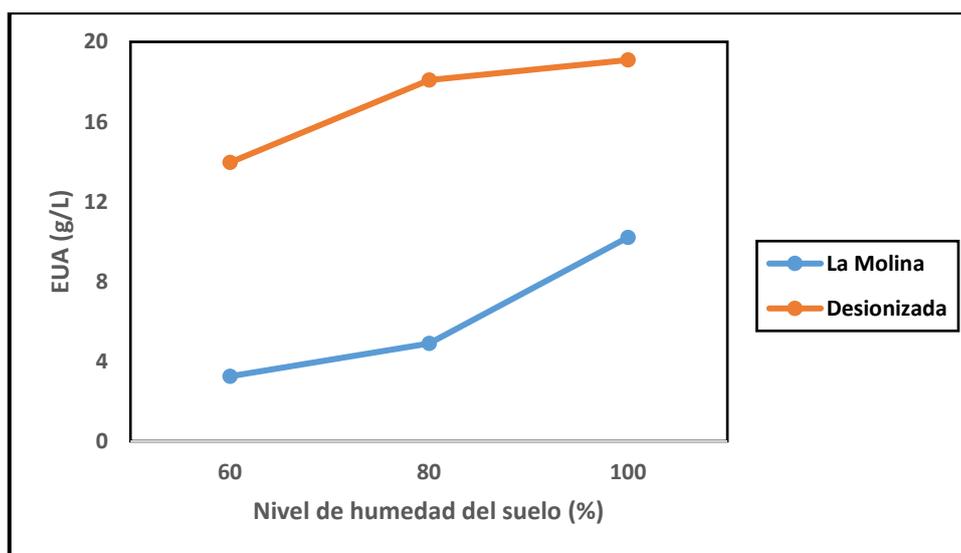


Figura 56 EUA sometido a tres niveles de humedad del suelo y dos tipos de agua.

4.9.5. Efecto de la interacción tipo de agua y uso de la tecnología HDMR

De acuerdo a la comparación de medias (Duncan 0.05) el uso de la tecnología tuvo una interacción positiva en ambos tipos de agua. Así el agua desionizada filtrada por el mejorador magnético generó el valor más alto de eficiencia de uso de agua equivalente a 18.02g/L. Por el contrario, el valor de eficiencia de uso de agua más bajo se obtuvo al usar el agua de La Molina sin filtrarla por el mejorador magnético con un valor de 6.10g/L (figura 57).

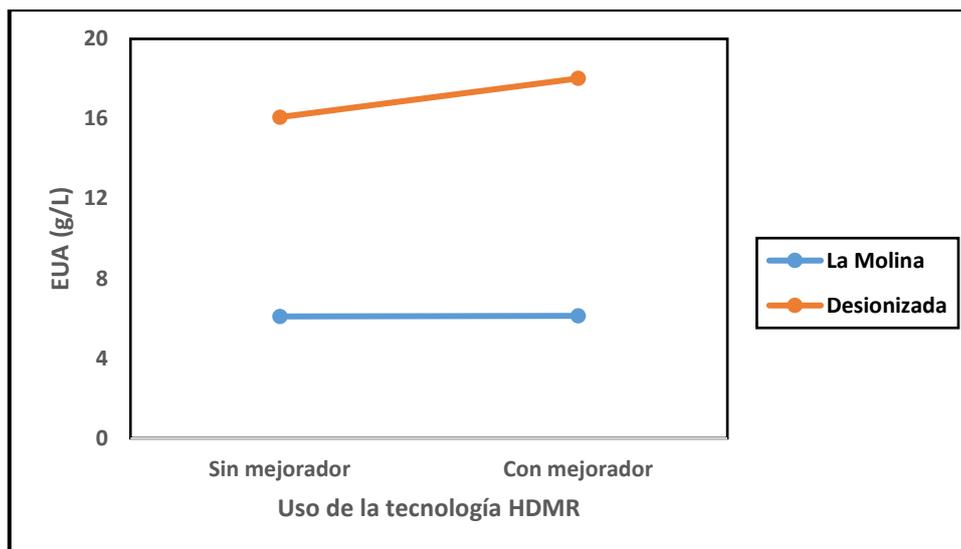


Figura 57 EUA sometido a tres niveles de humedad del suelo y dos tipos de agua.

Ali et al. (2014), mencionan que los estudios previos han demostrado que los efectos del tratamiento magnético varían con el tipo de planta y el tipo de agua de riego utilizada, y hay incrementos estadísticamente significativos en el rendimiento de la planta y en la productividad del agua (kg de producto fresco o seco por cada kilolitro de agua utilizada). Esta mención confirma lo obtenido en este estudio.

4.9.6. Efecto de la interacción nivel de humedad del suelo y uso de la tecnología HDMR

De acuerdo al análisis estadístico y la comparación de medias según Duncan (0.05), se puede observar en la figura 58 que el uso del mejorador magnético tuvo un efecto positivo sobre la EUA a un nivel de humedad del 100% del suelo con un valor equivalente 15.36g/L; sin embargo, este valor no fue diferente significativamente cuando no se usó el mejorador magnético. En general la EUA tendió a aumentar con el incremento del nivel de humedad del suelo.

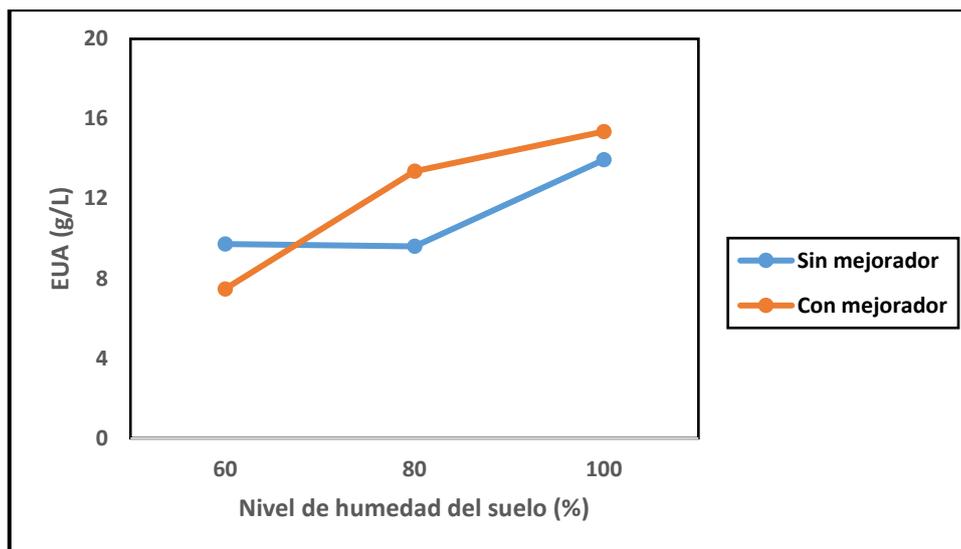


Figura 58 EUA sometido a tres niveles de humedad del suelo y al uso del mejorador magnético.

4.9.7. Efecto de la interacción tipo de agua, nivel de humedad del suelo y uso de la tecnología HDMR.

Tomando en cuenta el total de tratamientos, la eficiencia de uso de agua fue mayor en el tratamiento con agua desionizada mejorada magnéticamente a un nivel de humedad del suelo del 80% de la capacidad de campo, con un valor de 20.6g/m^3 . Sin embargo este dato es estadísticamente igual al tratamiento con agua desionizada no mejorada a un nivel de humedad del suelo del 100% de la capacidad de campo, con un valor de 19.70g/m^3 . Los valores más bajos se obtuvieron con el agua de La Molina (Figura 59).

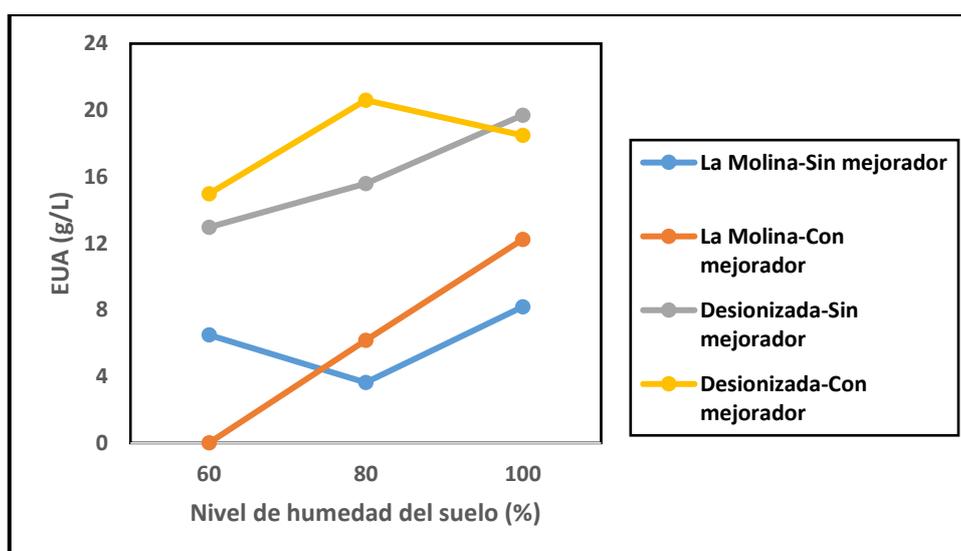


Figura 59 EUA sometido a tres niveles de humedad del suelo y al uso del mejorador magnético.

V. CONCLUSIONES

Bajo condiciones en las cuales se efectuó el presente trabajo experimental, se puede concluir que:

1. El cultivo de la fresa responde a la calidad de agua empleada en el riego, habiéndose obtenido una mayor producción, peso seco, concentración de nutrientes, número de frutos por planta, peso y calibre del fruto y EUA con el empleo del agua desionizada. Por lo tanto el agua desionizada contribuyó favorablemente al desarrollo y rendimiento del cultivo de la fresa.
2. El nivel de humedad del suelo de mejor influencia en la producción, número de frutos y EUA fue del 100%. Sin embargo el 80% de humedad del suelo presentó resultados similares estadísticamente al 100% en las variables peso seco, contenido de nutrientes, porcentaje de humedad, peso y calibre del fruto, lo cual indica que se puede tener un buen desarrollo y rendimiento del cultivo de la fresa a un 80% del nivel de humedad del suelo.
3. El uso del mejorador magnético no influyó significativamente sobre la eficiencia de uso del agua de riego en la fresa. Además, en cuanto a las características físicas y químicas tampoco hubo una variación en dichas características del agua de La Molina y desionizada cuando se filtraron por este dispositivo.
4. La interacción de los factores calidad y cantidad de agua de riego de mejor expresión para la producción, número de frutos por planta, peso y calibre del fruto de la fresa se obtuvo utilizando agua desionizada a niveles de humedad del suelo de 80 y 100% con valores estadísticamente similares.
5. La interacción de los factores calidad de agua de riego y uso de la tecnología HDMR de mejor expresión para la producción y número de frutos por planta de la fresa se obtuvo utilizando agua desionizada filtrada por el mejorador magnético más no en el peso y calibre del fruto donde el agua desionizada sin usar el mejorador magnético obtuvo los mejores resultados.

6. La interacción de los factores uso de la tecnología HDMR y cantidad de agua de riego de mejor expresión para la producción, peso seco, número de frutos por planta, peso y calibre del fruto de la fresa se obtuvo utilizando el mejorador magnético a niveles de humedad del suelo de 80 y 100% con valores estadísticamente similares.

7. La interacción de los factores uso de la tecnología HDMR, calidad y cantidad de agua de riego de mejor expresión para la producción y número de frutos por planta se obtuvo utilizando agua desionizada filtrada por el mejorador magnético a un nivel de humedad del suelo del 80% dando como resultados 229 g/planta y 13 frutos por planta respectivamente.

VI. RECOMENDACIONES

1. Evaluar el efecto de diferentes niveles de humedad del suelo para poder observar más detalladamente el comportamiento de la fresa, teniendo en cuenta que la mayor parte de la producción de fresa en nuestro país se realiza con riego por gravedad, lo cual significa que se emplean elevadas cantidades de agua.
2. Evaluar tipos de agua con conductividades eléctricas de mayor rango de diferencia a lo estudiado en esta investigación, para observar la respuesta del cultivo de fresa a diferentes grados de salinidad del agua de riego.
3. Evaluar el análisis de costo-beneficio del uso del agua desionizada en comparación con una fuente de agua no tratada sobre el desarrollo y producción de la fresa.

VII. ANEXOS

Anexo 1 Peso seco de la raíz en cada uno de los tratamientos y, por repeticiones.

Tratamiento	Peso seco raíz (g)		
	Rep. 1	Rep. 2	Rep. 3
LM100sm	0.8	0.54	0.79
LM80sm	1.36	1.13	0.68
LM60sm	0.84	0.84	0.84
D100sm	5.9	4.56	4.55
D80sm	5.84	5.26	3.21
D60sm	3.51	2.47	3.34
LM100cm	1.75	1.13	1.73
LM80cm	1.54	1.82	1.82
LM60cm	0.29	0.29	0.29
D100cm	2.38	2.58	4.94
D80cm	3.94	4.42	3.67
D60cm	5.76	5.95	2.76

Anexo 2 Peso seco de hojas y peciolo en cada uno de los tratamientos y, por repeticiones.

Tratamiento	Peso seco hojas y peciolo (g)		
	Rep. 1	Rep. 2	Rep. 3
LM100sm	5.19	4.89	5.28
LM80sm	5.81	4.95	4.52
LM60sm	4.17	4.17	4.17
D100sm	26.02	18.5	32.15
D80sm	20.02	32.5	17.67
D60sm	12.11	6.92	9.34
LM100cm	2.01	5.76	8.01
LM80cm	6.53	7.19	7.19
LM60cm	2.36	2.36	2.36
D100cm	11.91	14.26	17.17
D80cm	19.56	23.6	21.92
D60cm	7.77	8.85	18.05

Anexo 3 Peso seco de frutos en cada uno de los tratamientos y, por repeticiones.

Tratamiento	Peso seco frutos (g)		
	Rep. 1	Rep. 2	Rep. 3
LM100sm	2.65	5.54	4.59
LM80sm	1.18	4.54	2.65
LM60sm	3.08	3.08	3.08
D100sm	13.45	19.59	11.31
D80sm	17.82	13.78	15.63
D60sm	4.92	8.24	4.39
LM100cm	6.13	8.69	8.47
LM80cm	3.62	1.93	0.44
LM60cm	0	0	0
D100cm	16.55	12.33	11.5
D80cm	19.03	15.58	19.67
D60cm	10.03	10.02	8.51

Anexo 4 Peso seco de corona en cada uno de los tratamientos y, por repeticiones.

Tratamiento	Peso seco corona (g)		
	Rep. 1	Rep. 2	Rep. 3
LM100sm	1.49	0.43	0.96
LM80sm	1.24	0.93	0.47
LM60sm	0.67	0.67	0.67
D100sm	3.68	2.64	2.59
D80sm	3.27	4.12	3.05
D60sm	2.4	1.49	3.42
LM100cm	9.21	1.01	2.41
LM80cm	1.15	1.48	1.48
LM60cm	6.55	6.55	6.55
D100cm	1.48	2.28	1.76
D80cm	2.84	2.33	3
D60cm	0.89	1.74	4.61

Anexo 5 Extracción total de macronutrientes y sodio en hojas y peciolo expresado en %/planta.

Tratamiento	Repetición	Extracción de nutrientes en hojas y peciolo (%/planta)						
		N	P	K	Ca	Mg	Na	S
LM100sm	Rep. 1	11.8	3	5.9	12.6	3.7	0.8	1.4
	Rep. 2	11.6	2.8	5.6	11.9	3.5	0.7	1.3
	Rep. 3	10.1	3	6	12.8	3.7	0.8	1.4
D100sm	Rep. 1	45.9	15.4	42.2	49.4	13.8	1.3	4.2
	Rep. 2	35.2	10.9	30	35.2	9.8	0.9	3
	Rep. 3	63	19	52.1	61.1	17	1.6	5.1
LM100cm	Rep. 1	1.6	1	2.2	4	1.3	0.3	0.3
	Rep. 2	11.1	2.8	6.2	11.5	3.6	0.8	0.8
	Rep. 3	11.7	3.8	8.6	15.9	5	1.1	1.1
D100cm	Rep. 1	17.7	5.2	16.7	21.6	6.3	0.6	0.6
	Rep. 2	20.4	6.3	20	25.8	7.6	0.7	0.7
	Rep. 3	23.6	7.6	24	31.1	9.1	0.9	0.9
LM80sm	Rep. 1	12.2	3.6	5.2	13.1	4.1	0.8	0.8
	Rep. 2	8.5	3.1	4.4	11.2	3.5	0.7	0.7
	Rep. 3	11.3	2.8	4	10.2	3.2	0.6	0.6
D80sm	Rep. 1	33.6	10	25.6	31.8	11	0.8	0.8
	Rep. 2	61.9	16.3	41.6	51.7	17.9	1.3	1.3
	Rep. 3	22.3	8.8	22.6	28.1	9.7	0.7	0.7
LM80cm	Rep. 1	2	4.6	7.4	12.7	4.6	0.9	0.9
	Rep. 2	2.2	5	8.1	13.9	5.1	1	1
	Rep. 3	2.2	5	8.1	13.9	5.1	1	1
D80cm	Rep. 1	40.5	10.8	20.5	40.7	13.1	1	1
	Rep. 2	46.3	13	24.8	49.1	15.8	1.2	1.2
	Rep. 3	50.9	12.1	23	45.6	14.7	1.1	1.1
LM60sm	Rep. 1	9.9	2	3	9.5	2.8	0.6	0.6
	Rep. 2	9.9	2	3	9.5	2.8	0.6	0.6
	Rep. 3	9.9	2	3	9.5	2.8	0.6	0.6
D60sm	Rep. 1	30.2	7.3	16.6	24.5	7.3	0.5	0.5
	Rep. 2	15.7	4.2	9.5	14	4.2	0.3	0.3
	Rep. 3	22.2	5.6	12.8	18.9	5.6	0.4	0.4
LM60cm	Rep. 1	7	1.4	3.1	4.1	1.5	0.4	0.7
	Rep. 2	7	1.4	3.1	4.1	1.5	0.4	0.7
	Rep. 3	7	1.4	3.1	4.1	1.5	0.4	0.7
D60cm	Rep. 1	18.7	3.3	9.1	18.3	4.4	0.4	1.3
	Rep. 2	22.5	3.7	10.4	20.8	5	0.4	1.5
	Rep. 3	32.9	7.6	21.1	42.4	10.1	0.9	3.1

Anexo 6 Extracción total de micronutrientes en hojas y peciolo expresado en ppm/planta.

Tratamiento	Repetición	Extracción total de nutrientes en hojas y peciolo (ppm/planta)				
		B	Cu	Mn	Fe	Zn
LM100sm	Rep. 1	430.8	62.3	1557	8086	633.2
	Rep. 2	405.9	58.7	1467	7618.6	596.6
	Rep. 3	438.2	63.4	1584	8226.2	644.2
D100sm	Rep. 1	2576	260.2	5386.1	20946	2628
	Rep. 2	1831.5	185	3829.5	14893	1868.5
	Rep. 3	3182.9	321.5	6655.1	25881	3247.2
LM100cm	Rep. 1	176.9	16.1	444.2	1123.6	166.8
	Rep. 2	506.9	46.1	1273	3219.8	478.1
	Rep. 3	704.9	64.1	1770.2	4477.6	664.8
D100cm	Rep. 1	1107.6	83.4	2679.8	6979.3	809.9
	Rep. 2	1326.2	99.8	3208.5	8356.4	969.7
	Rep. 3	1596.8	120.2	3863.3	10062	1167.6
LM80sm	Rep. 1	499.7	52.3	1975.4	3340.8	656.5
	Rep. 2	425.7	44.6	1683	2846.3	559.4
	Rep. 3	388.7	40.7	1536.8	2599	510.8
D80sm	Rep. 1	1741.7	160.2	4144.1	11852	1221.2
	Rep. 2	2827.5	260	6727.5	19240	1982.5
	Rep. 3	1537.3	141.4	3657.7	10461	1077.9
LM80cm	Rep. 1	613.8	52.2	3154	3343.4	496.3
	Rep. 2	675.9	57.5	3472.8	3681.3	546.4
	Rep. 3	675.9	57.5	3472.8	3681.3	546.4
D80cm	Rep. 1	1388.8	156.5	5066	11873	1995.1
	Rep. 2	1675.6	188.8	6112.4	14325	2407.2
	Rep. 3	1556.3	175.4	5677.3	13305	2235.8
LM60sm	Rep. 1	296.1	45.9	1997.4	7205.8	512.9
	Rep. 2	296.1	45.9	1997.4	7205.8	512.9
	Rep. 3	296.1	45.9	1997.4	7205.8	512.9
D60sm	Rep. 1	1380.5	96.9	3427.1	6236.7	1065.7
	Rep. 2	788.9	55.4	1958.4	3563.8	609
	Rep. 3	1064.8	74.7	2643.2	4810.1	821.9
LM60cm	Rep. 1	160.5	28.3	1128.1	2013.1	427.2
	Rep. 2	160.5	28.3	1128.1	2013.1	427.2
	Rep. 3	160.5	28.3	1128.1	2013.1	427.2
D60cm	Rep. 1	590.5	54.4	2331	3784	505.1
	Rep. 2	672.6	62	2655	4310	575.3
	Rep. 3	1371.8	126.4	5415	8790.4	1173.3

Anexo 7 Extracción total de macronutrientes y sodio en raíz expresado en %/planta.

Tratamiento	Repetición	Extracción total de nutrientes en raíz (%/planta)						
		N	P	K	Ca	Mg	Na	S
LM100sm	Rep. 1	1.7	0.2	0.2	1.3	0.4	0.1	0.3
	Rep. 2	1.6	0.2	0.2	0.9	0.3	0.1	0.2
	Rep. 3	0.7	0.2	0.2	1.3	0.4	0.1	0.3
D100sm	Rep. 1	7.3	1.2	3.7	5.6	3.4	0.5	2
	Rep. 2	5.6	1	2.8	4.3	2.6	0.4	1.6
	Rep. 3	5.6	1	2.8	4.3	2.6	0.4	1.5
LM100cm	Rep. 1	3.3	0.4	0.7	2.5	1.1	0.3	0.5
	Rep. 2	2.1	0.3	0.4	1.6	0.7	0.2	0.3
	Rep. 3	3.2	0.4	0.7	2.5	1.1	0.3	0.5
D100cm	Rep. 1	4.9	0.6	1.2	2.8	1.1	0.4	0.8
	Rep. 2	4.6	0.6	1.3	3	1.2	0.4	0.8
	Rep. 3	9.5	1.2	2.4	5.7	2.3	0.7	1.6
LM80sm	Rep. 1	2.9	0.3	0.5	1.8	0.7	0.1	0.4
	Rep. 2	2.8	0.3	0.4	1.5	0.6	0.1	0.3
	Rep. 3	1.2	0.2	0.2	0.9	0.4	0	0.2
D80sm	Rep. 1	13.7	1.2	2	6.3	2.6	0.9	1.7
	Rep. 2	8.8	1.1	1.8	5.7	2.3	0.8	1.5
	Rep. 3	6.7	0.7	1.1	3.5	1.4	0.5	0.9
LM80cm	Rep. 1	3.5	0.5	0.6	1.5	0.8	0.2	0.5
	Rep. 2	4.2	0.6	0.8	1.8	0.9	0.3	0.5
	Rep. 3	4.2	0.6	0.8	1.8	0.9	0.3	0.5
D80cm	Rep. 1	8.2	0.7	1	5	2	0.3	1.3
	Rep. 2	9.3	0.8	1.1	5.7	2.3	0.3	1.5
	Rep. 3	6.8	0.7	0.9	4.7	1.9	0.3	1.2
LM60sm	Rep. 1	1.8	0.2	0.2	1.3	0.4	0.1	0.3
	Rep. 2	1.8	0.2	0.2	1.3	0.4	0.1	0.3
	Rep. 3	1.8	0.2	0.2	1.3	0.4	0.1	0.3
D60sm	Rep. 1	6	0.8	1.4	3.7	2	0.5	1.2
	Rep. 2	6.2	0.5	1	2.6	1.4	0.4	0.9
	Rep. 3	3.1	0.7	1.4	3.5	1.9	0.5	1.2
LM60cm	Rep. 1	0.5	0.1	0.1	1	0.2	0.2	0.3
	Rep. 2	0.5	0.1	0.1	1	0.2	0.2	0.3
	Rep. 3	0.5	0.1	0.1	1	0.2	0.2	0.3
D60cm	Rep. 1	9.5	1.3	1.7	6.7	2.9	0.9	2.1
	Rep. 2	6.5	1.3	1.7	6.9	3	0.9	2.2
	Rep. 3	6.1	0.6	0.8	3.2	1.4	0.4	1

Anexo 8 Extracción total de micronutrientes en raíz expresado en ppm/planta.

Tratamiento	Repetición	Extracción total de nutrientes en raíz (ppm/planta)				
		B	Cu	Mn	Fe	Zn
LM100sm	Rep. 1	36.8	27.2	180	1172	80.8
	Rep. 2	24.8	18.4	121.5	791.1	54.5
	Rep. 3	36.3	26.9	177.8	1157.4	79.8
D100sm	Rep. 1	271.4	70.8	666.7	4755.4	306.8
	Rep. 2	209.8	54.7	515.3	3675.4	237.1
	Rep. 3	209.3	54.6	514.2	3667.3	236.6
LM100cm	Rep. 1	99.8	89.3	253.8	661.5	129.5
	Rep. 2	64.4	57.6	163.9	427.1	83.6
	Rep. 3	98.6	88.2	250.9	653.9	128
D100cm	Rep. 1	123.8	38.1	333.2	1618.4	166.6
	Rep. 2	134.2	41.3	361.2	1754.4	180.6
	Rep. 3	256.9	79	691.6	3359.2	345.8
LM80sm	Rep. 1	65.3	28.6	171.4	689.5	83
	Rep. 2	54.2	23.7	142.4	572.9	68.9
	Rep. 3	32.6	14.3	85.7	344.8	41.5
D80sm	Rep. 1	204.4	75.9	683.3	4601.9	408.8
	Rep. 2	184.1	68.4	615.4	4144.9	368.2
	Rep. 3	112.4	41.7	375.6	2529.5	224.7
LM80cm	Rep. 1	83.2	29.3	309.5	512.8	101.6
	Rep. 2	98.3	34.6	365.8	606.1	120.1
	Rep. 3	98.3	34.6	365.8	606.1	120.1
D80cm	Rep. 1	157.6	70.9	464.9	3384.5	307.3
	Rep. 2	176.8	79.6	521.6	3796.8	344.8
	Rep. 3	146.8	66.1	433.1	3152.5	286.3
LM60sm	Rep. 1	36.1	23.5	110	732.5	64.7
	Rep. 2	36.1	23.5	110	732.5	64.7
	Rep. 3	36.1	23.5	110	732.5	64.7
D60sm	Rep. 1	136.9	49.1	428.2	3622.3	600.2
	Rep. 2	96.3	34.6	301.3	2549	422.4
	Rep. 3	130.3	46.8	407.5	3446.9	571.1
LM60cm	Rep. 1	32.2	17.1	143	7282.2	49.3
	Rep. 2	32.2	17.1	143	7282.2	49.3
	Rep. 3	32.2	17.1	143	7282.2	49.3
D60cm	Rep. 1	172.8	86.4	743	8380.8	121
	Rep. 2	178.5	89.3	767.6	8657.3	125
	Rep. 3	82.8	41.4	356	4015.8	58

Anexo 9 Extracción total de macronutrientes y sodio en frutos expresado en %/planta.

Tratamiento	Repetición	Extracción total de nutrientes en frutos (%/planta)						
		N	P	K	Ca	Mg	Na	S
LM100sm	Rep. 1	2.6	0.9	3.9	0.8	0.3	0.3	0.2
	Rep. 2	5.4	1.9	8.3	1.8	0.7	0.6	0.4
	Rep. 3	4.5	1.6	6.8	1.5	0.6	0.5	0.3
D100sm	Rep. 1	5.6	1.3	6.5	2.6	0.7	0.4	0.8
	Rep. 2	8.2	2	9.4	3.7	1	0.6	1.2
	Rep. 3	4.8	1.1	5.4	2.1	0.6	0.3	0.7
LM100cm	Rep. 1	7.7	2	6.3	1.8	0.7	0.5	0.4
	Rep. 2	10.9	2.9	8.9	2.6	1	0.7	0.5
	Rep. 3	10.7	2.8	8.6	2.5	0.9	0.7	0.5
D100cm	Rep. 1	19.9	4	21.7	4.3	2.2	1	2.3
	Rep. 2	14.8	3	16.2	3.2	1.6	0.7	1.7
	Rep. 3	13.8	2.8	15.1	3	1.5	0.7	1.6
LM80sm	Rep. 1	1.5	0.4	1.4	0.5	0.1	0.2	0.2
	Rep. 2	5.7	1.7	5.5	1.9	0.5	0.6	0.6
	Rep. 3	3.3	1	3.2	1.1	0.3	0.3	0.3
D80sm	Rep. 1	24.9	5	27.3	4.3	2.5	0.4	1.1
	Rep. 2	19.3	3.9	21.1	3.3	1.9	0.3	0.8
	Rep. 3	21.9	4.4	23.9	3.8	2.2	0.3	0.9
LM80cm	Rep. 1	6.9	1.5	3.9	1.6	0.5	0.5	0.4
	Rep. 2	3.7	0.8	2.1	0.8	0.3	0.3	0.2
	Rep. 3	0.8	0.2	0.5	0.2	0.1	0.1	0
D80cm	Rep. 1	24	5.3	24.9	4.9	2.5	0.4	1.1
	Rep. 2	19.6	4.4	20.4	4.1	2	0.3	0.9
	Rep. 3	24.8	5.5	25.8	5.1	2.6	0.4	1.2
LM60sm	Rep. 1	6.9	1.5	4	1.5	0.3	0.4	0.6
	Rep. 2	6.9	1.5	4	1.5	0.3	0.4	0.6
	Rep. 3	6.9	1.5	4	1.5	0.3	0.4	0.6
D60sm	Rep. 1	7	0.3	0.9	0.7	0.1	0.1	0.2
	Rep. 2	11.8	0.5	1.5	1.2	0.2	0.2	0.3
	Rep. 3	6.3	0.3	0.8	0.6	0.1	0.1	0.2
LM60cm	Rep. 1	0	0	0	0	0	0	0
	Rep. 2	0	0	0	0	0	0	0
	Rep. 3	0	0	0	0	0	0	0
D60cm	Rep. 1	15.4	2.7	13.4	2.9	1.2	0.4	1.3
	Rep. 2	15.4	2.7	13.4	2.9	1.2	0.4	1.3
	Rep. 3	13.1	2.3	11.4	2.5	1	0.3	1.1

Anexo 10 Extracción total de micronutrientes en frutos expresado en ppm/planta.

Tratamiento	Repetición	Extracción total de nutrientes en frutos (ppm/planta)				
		B	Cu	Mn	Fe	Zn
LM100sm	Rep. 1	74.2	18.6	103.4	485	42.4
	Rep. 2	155.1	38.8	216.1	1013.8	88.6
	Rep. 3	128.5	32.1	179	840	73.4
D100sm	Rep. 1	255.6	53.8	269	19556.3	107.6
	Rep. 2	372.2	78.4	391.8	28483.9	156.7
	Rep. 3	214.9	45.2	226.2	16444.7	90.5
LM100cm	Rep. 1	122.6	49	226.8	882.7	79.7
	Rep. 2	173.8	69.5	321.5	1251.4	113
	Rep. 3	169.4	67.8	313.4	1219.7	110.1
D100cm	Rep. 1	380.7	66.2	562.7	2350.1	198.6
	Rep. 2	283.6	49.3	419.2	1750.9	148
	Rep. 3	264.5	46	391	1633	138
LM80sm	Rep. 1	48.4	8.3	76.7	197.1	20.1
	Rep. 2	186.1	31.8	295.1	758.2	77.2
	Rep. 3	108.7	18.6	172.3	442.6	45.1
D80sm	Rep. 1	855.4	71.3	819.7	2120.6	196
	Rep. 2	661.4	55.1	633.9	1639.8	151.6
	Rep. 3	750.2	62.5	719	1860	171.9
LM80cm	Rep. 1	249.8	36.2	325.8	1049.8	112.2
	Rep. 2	133.2	19.3	173.7	559.7	59.8
	Rep. 3	30.4	4.4	39.6	127.6	13.6
D80cm	Rep. 1	989.6	76.1	723.1	2569.1	266.4
	Rep. 2	810.2	62.3	592	2103.3	218.1
	Rep. 3	1022.8	78.7	747.5	2655.5	275.4
LM60sm	Rep. 1	286.4	30.8	286.4	945.6	70.8
	Rep. 2	286.4	30.8	286.4	945.6	70.8
	Rep. 3	286.4	30.8	286.4	945.6	70.8
D60sm	Rep. 1	167.3	14.8	68.9	733.1	44.3
	Rep. 2	280.2	24.7	115.4	1227.8	74.2
	Rep. 3	149.3	13.2	61.5	654.1	39.5
LM60cm	Rep. 1	0	0	0	0	0
	Rep. 2	0	0	0	0	0
	Rep. 3	0	0	0	0	0
D60cm	Rep. 1	431.3	40.1	451.4	6238.7	140.4
	Rep. 2	430.9	40.1	450.9	6232.4	140.3
	Rep. 3	365.9	34	383	5293.2	119.1

Anexo 11 Porcentaje de humedad de la raíz en cada uno de los tratamientos y, por repeticiones

Tratamiento	Porcentaje de humedad de la raíz (%)		
	Rep. 1	Rep. 2	Rep. 3
LM100sm	91.89	94.03	86.31
LM80sm	90.02	88.09	91.96
LM60sm	80.24	80.24	80.24
D100sm	87.84	85.89	86.82
D80sm	75.94	85.49	90.31
D60sm	75.26	83.42	79.3
LM100cm	86.43	93.11	90.42
LM80cm	91.75	93.8	89.61
LM60cm	45.28	45.28	45.28
D100cm	82.53	89.06	89.54
D80cm	86.4	83.33	87.69
D60cm	22.37	81.26	69.87

Anexo 12 Porcentaje de humedad de las hojas y peciolo en cada uno de los tratamientos y, por repeticiones.

Tratamiento	Porcentaje de humedad de las hojas y peciolo (%)		
	Rep. 1	Rep. 2	Rep. 3
LM100sm	43.71	54.43	44.3
LM80sm	52.8	67.62	38.08
LM60sm	28.96	28.96	28.96
D100sm	69.52	72.63	58.81
D80sm	70.6	58.69	72.85
D60sm	65.03	75.56	70.3
LM100cm	93.47	67.31	72.83
LM80cm	70.84	75.47	66.13
LM60cm	20.54	20.54	20.6
D100cm	69.65	74.01	73.09
D80cm	67.3	73.45	73.34
D60cm	70.96	67.55	64.66

Anexo 13 Porcentaje de humedad de la corona en cada uno de los tratamientos y, por repeticiones.

Tratamiento	Porcentaje de humedad de la corona (%)		
	Rep. 1	Rep. 2	Rep. 3
LM100sm	75.53	88.62	81.1
LM80sm	83.44	81.52	85.36
LM60sm	73.09	73.09	73.09
D100sm	75.14	77.8	74.56
D80sm	70.73	70.25	66.88
D60sm	71.26	75	73.1
LM100cm	70.26	82.5	58.01
LM80cm	80.21	86.15	74.32
LM60cm	70.24	71.15	69.78
D100cm	77.4	77.38	81.59
D80cm	72.82	76.37	76.89
D60cm	78.86	76.2	62.09

Anexo 14 Porcentaje de humedad de los frutos en cada uno de los tratamientos y, por repeticiones.

Tratamiento	Porcentaje de humedad de los frutos (%)		
	Rep. 1	Rep. 2	Rep. 3
LM100sm	88.48	91.06	93.71
LM80sm	86.89	93.62	92.64
LM60sm	92.67	92.67	92.67
D100sm	93.6	92.16	93.54
D80sm	89.76	91.44	90.44
D60sm	94.34	93.35	93.84
LM100cm	90.85	92.03	91.27
LM80cm	93.04	93.97	92.67
LM60cm	0	0	0
D100cm	92.77	92.99	93.85
D80cm	91.62	93.28	91.37
D60cm	91.71	93.18	91.04

Anexo 15 Producción de la fresa en cada uno de los tratamientos y, por repeticiones.

Tratamiento	Producción (g/planta)		
	Rep. 1	Rep. 2	Rep. 3
LM100sm	53	62	73
LM80sm	32	45	36
LM60sm	39	44	42
D100sm	210	250	175
D80sm	174	161	153
D60sm	87	124	105
LM100cm	77	109	97
LM80cm	47	32	38
LM60cm	0	0	0
D100cm	229	176	187
D80cm	227	232	228
D60cm	121	147	99

Anexo 16 Número de frutos de fresa por planta en cada uno de los tratamientos y, por repeticiones.

Tratamiento	N° de frutos por planta		
	Rep. 1	Rep. 2	Rep. 3
LM100sm	5	3	10
LM80sm	4	5	4
LM60sm	4	5	5
D100sm	9	13	8
D80sm	7	6	9
D60sm	4	9	6
LM100cm	8	10	9
LM80cm	5	4	6
LM60cm	0	0	0
D100cm	12	12	8
D80cm	13	12	13
D60cm	8	11	9

Anexo 17 Peso del fruto de fresa en cada uno de los tratamientos y, por repeticiones.

Tratamiento	Peso del fruto (g)		
	Rep. 1	Rep. 2	Rep. 3
LM100sm	10.6	20.67	7.3
LM80sm	8	9	9
LM60sm	9.75	8.8	8.4
D100sm	23.33	19.23	21.88
D80sm	24.86	26.83	17
D60sm	21.75	13.78	17.5
LM100cm	9.63	10.9	10.78
LM80cm	9.4	8	6.33
LM60cm	0	0	0
D100cm	19.08	14.67	23.38
D80cm	17.46	19.33	17.54
D60cm	15.13	13.36	11

Anexo 18 Coeficiente de producción de Biomasa de la raíz en cada uno de los tratamientos y, por repeticiones.

Tratamiento	CPB de raíz		
	Rep. 1	Rep. 2	Rep. 3
LM100sm	0.08	0.05	0.07
LM80sm	0.14	0.1	0.08
LM60sm	0.1	0.1	0.1
D100sm	0.12	0.1	0.09
D80sm	0.12	0.09	0.08
D60sm	0.15	0.13	0.16
LM100cm	0.09	0.07	0.08
LM80cm	0.12	0.15	0.17
LM60cm	0.03	0.03	0.03
D100cm	0.07	0.08	0.14
D80cm	0.09	0.1	0.08
D60cm	0.24	0.22	0.08

Anexo 19 Coeficiente de producción de Biomasa de hojas y peciolo en cada uno de los tratamientos y, por repeticiones.

Tratamiento	CPB de hojas y peciolo		
	Rep. 1	Rep. 2	Rep. 3
LM100sm	0.51	0.43	0.45
LM80sm	0.61	0.43	0.54
LM60sm	0.48	0.48	0.48
D100sm	0.53	0.41	0.64
D80sm	0.43	0.58	0.45
D60sm	0.53	0.36	0.46
LM100cm	0.11	0.35	0.39
LM80cm	0.51	0.58	0.66
LM60cm	0.26	0.26	0.26
D100cm	0.37	0.45	0.49
D80cm	0.43	0.51	0.45
D60cm	0.32	0.33	0.53

Anexo 20 Coeficiente de producción de Biomasa de frutos en cada uno de los tratamientos y, por repeticiones.

Tratamiento	CPB de frutos		
	Rep. 1	Rep. 2	Rep. 3
LM100sm	0.26	0.49	0.4
LM80sm	0.12	0.39	0.32
LM60sm	0.35	0.35	0.35
D100sm	0.27	0.43	0.22
D80sm	0.38	0.25	0.4
D60sm	0.21	0.43	0.21
LM100cm	0.32	0.52	0.41
LM80cm	0.28	0.16	0.04
LM60cm	0	0	0
D100cm	0.51	0.39	0.33
D80cm	0.42	0.34	0.41
D60cm	0.41	0.38	0.25

Anexo 21 Coeficiente de producción de Biomasa de la corona en cada uno de los tratamientos y, por repeticiones.

Tratamiento	CPB de corona		
	Rep. 1	Rep. 2	Rep. 3
LM100sm	0.15	0.04	0.08
LM80sm	0.13	0.08	0.06
LM60sm	0.08	0.08	0.08
D100sm	0.08	0.06	0.05
D80sm	0.07	0.07	0.08
D60sm	0.1	0.08	0.17
LM100cm	0.48	0.06	0.12
LM80cm	0.09	0.12	0.14
LM60cm	0.71	0.71	0.71
D100cm	0.05	0.07	0.05
D80cm	0.06	0.05	0.06
D60cm	0.04	0.07	0.14

Anexo 22 Eficiencia del uso de agua en cada uno de los tratamientos y, por repeticiones.

Tratamiento	EUA (Kg/L)		
	Rep. 1	Rep. 2	Rep. 3
LM100sm	7.09	8.28	9.18
LM80sm	3.13	4.39	3.37
LM60sm	7.01	5.94	6.53
D100sm	19.1	22.9	17.1
D80sm	15.41	15.1	16.24
D60sm	10.94	14.94	12.99
LM100cm	11.76	14	10.92
LM80cm	7.25	5.2	6.02
LM60cm	0	0	0
D100cm	21.14	18.14	16.17
D80cm	20.11	21.84	19.84
D60cm	14.71	17.77	12.42

VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Aladjadjian, A. 2012. Physical Factors for Plant Growth Stimulation Improve Food Quality. Food Production-Approaches, Challenges and Tasks, Publisher InTech, p. 145-168.
2. Ali, Y.; Samaneh, R y Kavakebian, F. 2014. Applications of Magnetic Water Technology in Farming and Agriculture Development: A Review of Recent Advances. Curr. World Environ. Vol. 9, Tomo 3, p. 695-703.
3. Al-Karaki, G.N., 2000. Growth, water use efficiency, and sodium and potassium acquisition by tomato cultivars grown under salt stress. J. Plant Nutr. 23, p. 1–8.
4. Al-Shrouf, A.M. 2014. The effect of magnetic treatment of irrigation water on cucumber production and water productivity. Acta Hort. 1054, p. 111-117.
5. Álvarez-Herrera, J.G., E. Chacón Pardo y S. Lusardo. 2008. Efecto de dos sustratos y diferentes láminas de riego en la propagación de Romero (*Rosmarinus officinalis* L.). Rev. UDCA Act. & Div. Cient. 11(1), p. 103-111.
6. Álvarez-Herrera, J.G., H.E. Balaguera-López y E. Chacón. 2010. Efecto de la aplicación de diversas láminas y frecuencias de riego en la propagación del romero (*Rosmarinus officinalis* L.). Ingen. Invest. 30(1), p. 86-90.
7. Amiri, M.C. y Dadkhah, A.A. 2006. On reduction in the surface tension of water due to magnetic treatment. Colloids Surf A: PhysicochemEng Aspects. p. 252-255.
8. Awang, Y. B. and Atherton, J. G. 1994. Salinity and shading effects on leaf water relations and ionic composition of strawberry plants grown on rock-wool. J. Hortic. Sci. Biotech. 69. p. 377-383.
9. Ayers, R.S. y Westcot, D.W. 1985. Water quality for agriculture. Irrigation and Drainage Paper 29. Rev. 1. FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations), Roma. 174 p.

10. Babak J., Saeid E. y Katayoon Shahidi-Rad. 2015. Growth and Fruit Characteristics of Strawberry cv. Selva as Affected by Different Application Timing of Salicylic Acid under Saline Conditions, *International Journal of Fruit Science*, 15:3, p. 339-352.
11. Baracaldo, A., R. Carvajal, A.P. Romero, A.M. Prieto, F.J. García, G. Fischer y D. Miranda. 2014. El anegamiento afecta el crecimiento y producción de biomasa en tomate chonto (*Solanum lycopersicum L.*), cultivado bajo sombrío. *Rev. Colomb. Cienc. Hortic.* 8(1), p. 92-102.
12. Bogatin, J., et al. 1999. Magnetic treatment of irrigation water: experimental results and application conditions. *Environmental science & technology*, 33(8): p. 1280-1285.
13. Bould, C., Hewitt, E.J., Needham, P., 1983. The occurrence and treatment of mineral disorders in the field. En: Robinson, J.B.D. (Ed.), *Diagnosis of Mineral Disorders in Plants*, Vol. 1: Principles. Long Ashton Research Sta., University of Bristol, UK. p. 139-155.
14. Black, B.; Hill, R. y Cardon, G. 2008. *Strawberry Irrigation*. Utah State University.
15. Cai, R; Yang, H.; He, J. y Zhu, W. 2009. *Journal of Molecular Structure*. p. 15-19.
16. Carter, D.L., 1981. Salinity and plant productivity. In: *Handbook Series in Nutrition and Food*. Chemical Rubber, Cleveland, OH. p. 146-151.
17. Chang, K.T. & Weng, C.I. 2008. An investigation into structure of aqueous NaCl electrolyte solutions under magnetic fields. *Comput Mater Sci* 43. p. 1048–1055.
18. Comisión Nacional del Agua (CNA). 2005. *Uso consuntivo del cultivo de la fresa en el valle de Zamora, Michoacán*. Documento técnico.

19. Deaquiz, Y. A.; Alvarez-Herrera, J. G. y Pinzon-Gomez, L. P. 2014. Efecto de diferentes láminas de riego sobre la producción y calidad de fresa (*Fragaria* sp.). vol.8, n.2, p.192-205.
20. Duarte Diaz, C.E., Riquenes, J.A., Sotolongo, B., Portuondo, M.A., Quintana y E.O., Perez, R., 1997. Effects of magnetic treatment of irrigation water on the tomato crop. *Hortic. Abst.* 69, 494p.
21. El Sayed, H. 2014. Impact of Magnetic Water Irrigation for Improve the Growth, Chemical Composition and Yield Production of Broad Bean (*Vicia faba* L.) Plant. p. 476-496.
22. El-Farhan, A.H. y M.P. Pritts. 1997. Water requirements and water stress in strawberry. *Adv. in Strawberry Research* 16. p. 5-12.
23. Esitken, A. y Turan, M., 2004. Alternating magnetic field effects on yield and plant nutrient element composition of strawberry (*Fragaria ananassa* cv. *camarosa*). *Acta Agric. Scand., Sect. B, Soil Plant Sci.* 54. p. 135–139.
24. FAO (Food Agricultural Organization) .2017. FAOSTAT. Consultado 27 may. 2017. Disponible en <http://www.fao.org/faostat/es/#data/QC>.
25. Fernandez, E. & Camacho, F. 2005. Eficiencia en el uso de agua. *EXTRA*. p. 86-87.
26. Fipps G. 2003. “Irrigation Water Quality Standards and Salinity Management”, Texas Agricultural Extension Service, Texas A&M University System, College Station, TX (USA). p. 1–17.
27. Gargurevich, G. 2017. La hora de las fresas. *Redagícola*. no. 37: p. 42-43.
28. Hanson, B. y W. Bendixen. 2004. Drip irrigation evaluated in Santa Maria Valley strawberries. *Calif. Agric.* 58(1), p. 48-53.

29. Hilal, M. & M. Hilal. 2000. Application of magnetic technologies in desert agriculture. I-Seed germination and seedling emergence of some crops in a saline calcareous soil. *Egyptian Journal of Soil Science*, 40(3): p. 413-422.
30. Hilal, M.H.; El-Fakhrani, Y. M.; Mabrouk, S.S.; Mohamed, A.I. y Ebead, B.M. 2013. Effect Of Magnetic Treated Irrigation Water On Salt Removal From A Sandy Soil And On The Availability Of Certain Nutrients. *International Journal of Engineering and Applied Sciences* 2 (2), p. 36-44.
31. Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA). 2014. Cultivo de fresa en costa central (video). Lima, Perú. 1 videocinta (11:43 min.), son., color.
32. Kaya, Cengiz; Higgs, David; Saltali, Kadir & Gezerel, Omer. 2002. Response of strawberry grown at high salinity and alkalinity to supplementary potassium, *Journal of Plant Nutrition*, 25:7. p. 1415-1427.
33. Keutgen, A.J. and N. Keutgen. 2003. Influence of NaCl salinity stress on fruit quality in strawberry.
34. Khataar M., Hossien M. y Shabani F. 2018. Soil salinity and matric potential interaction on water use, water use efficiency and yield response factor of bean and wheat. *Scientific Reports*. Volume 8, Article number: 2679.
35. Kirnak, H., Kaya, C., Higgs, D., Bolat, I., Simsek, M. and Ikinici, A. 2003. Effects of preharvest drip-irrigation scheduling on strawberry yield, quality and growth. *Australian J. Exp. Agric.* 43: p. 105-111.
36. Kirschbaum, D.S., Correa, M., Bórquez, A.M., Larson, K.D. y DeJong, T.M. 2004. Water requirement and water use efficiency of fresh and waiting-bed strawberry plants. *Acta Hort.* 664. p. 347-352.
37. Klamkowski, K. & Treder, W. 2006. Morphological and physiological responses of strawberry plants to water stress. *Agriculturae Conspectus Scientificus* 71. p. 159–165.

38. Klamkowski, K., Treder, W. y Wójcik, K. 2015. Effects of long-term water stress on leaf gas exchange, growth and yield of three strawberry cultivars. *Acta Sci.Pol. Hortorum Cultus* 14 (6), 14.
39. Krüger, E., G. Schmidt y U. Brückner. 1999. Scheduling strawberry irrigation based upon tensiometer measurement and a climatic water balance model. *Sci. Hortic.* 81. p. 409-424.
40. León, M., G. Hernández y G. Sotomayor. 2003. Manejo de riego en fresa cultivada en organopónico. *Rev. Cienc. Técn. Agropec.* 12(1) p. 39-43.
41. Levitt, J. 1980. *Responses of Plants to Environmental Stresses*, 2da ed. Academic Press, New York.
42. Lin, I. y J. Yotvat. 1990. Exposure of irrigation and drinking water to a magnetic field with controlled power and direction. *Journal of magnetism and magnetic materials*, 83(1): p. 525-526.
43. Lutfor Rahman, S.M., Nawata E. y Sakuratani, T. 1999. Effect of water stress on growth, yield and eco-physiological responses of four tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) cultivars. *J. Japan. Soc. Hort. Sc.* 68: p. 499-504.
44. Maheshwari, B.L. y Grewal, H. S. 2009. Magnetic treatment of irrigation water: Its effects on vegetable crop yield and water productivity. *Agricultural Water Management* 96. p. 1229–1236.
45. Martínez Barroso, M.C. y Alvarez, C.E. 1997. Toxicity symptoms and tolerance of strawberry to salinity in the irrigation water. *Scientia Horticulturae* 71. p. 177–188.
46. Matsuda, T., Asou, H., Kobayashi, M. & Yonekura, M. 1993. Influences of magnetic fields on growth and fruit production of strawberry. *Acta Hort.* 348 p. 378-380.

47. MINAGRI (Ministerio de Agricultura). 2008. Estudio de la fresa en el Perú y el mundo.
48. MINAG (Ministerio de Agricultura). 2017. Series Históricas de Producción Agrícola – Compendio Estadístico. Consultado 27 may. 2017. Disponible en <http://frenteweb.minagri.gob.pe/sisca/>
49. Modise D.M. 2013. Growth and expansion of strawberry fruit (*Fragaria x ananassa* Duch.) under water stress conditions. *African Journal of Agricultural Research*, 8(46), p. 5703-5711.
50. Núñez, A., G. Hoogenboom y D. Nesmith. 2005. Drought stress and the distribution of vegetative and reproductive traits of a bean cultivar. *Sci. Agric.* 62(1) p. 18-22.
51. Olivera S., J. 2003. El cultivo de la fresa en el Perú. INIA. Dirección General de Investigación Agraria. Programa Nacional de Investigación en frutales y Hortalizas. Serie Manual N° 01. Lima.
52. Penuelas. J., Save R., Marfa. O. y Serrano L. 1992. Remotely measured canopy temperature of greenhouse strawberries as indicator of water status and yield under mild and very mild water stress conditions. *Agricultural and Forest Meteorology* 58, p. 63–77.
53. Pires, R. C., Folegatti, M. V., Passos, F. A., Arruda, F. B., y Sakai, E. 2006. Vegetative growth and yield of strawberry under irrigation and soil mulches for different cultivation environments. *Scientia Agricola*, 63(5) p. 417-425.
54. Pirlak, L y Esitken, A. 2004. Salinity effects on growth, proline and ion accumulation in strawberry plants, *Acta Agriculturae Scandinavica, Section B -Soil & Plant Science*, 54:3. p. 189-192.

55. Rodas, C.D. 1985. Efectos de los regímenes de riego y de la fertilización nitrogenada en el rendimiento de papa (*S. tuberosum* variedad tomasa condemayta). Tesis de la UNALM.
56. Savé, R., Peñuelas, J., Marfa, O. y Serrano, L. 1993. Changes in leaf osmotic and elastic properties and canopy structure of strawberries under mild water stress. *Hortscience* 28: p. 925-927.
57. Shahin, M.M., Mashhour, A.M.A. y Abd-Elhady, E.S.E. 2016. Effect of Magnetized Irrigation Water and Seeds on Some Water Properties, Growth Parameter and Yield Productivity of Cucumber Plants. *Current Science International*, 5(2), p.152-164.
58. Silber, A. y A. Bar-Tal. 2008. Nutrition of substrates-grown plants. En: Raviv, M. y J.H. Lieth (eds.). *Soilless culture: Theory and practice*. Elsevier, San Diego, CA. pp. 291-339.
59. Smikhina, L.P. 1981. Changes in refractive index of water on magnetic treatment. *Colloid J* 2: p. 401–404.
60. Strabbioli G. 1988. A study on strawberry requirements. *Acta Hortic.* 228. p. 179-186.
61. Strabbioli G. 1988. A study on strawberry requirements. *Acta Hortic.* 228 p.179-186.
Fuente original: Borin, M. y Ferrarese, A. 1984. Irrigazione fertilizzante a goccia della fragola in coltura protetta. *Irrigazione* 1.
62. SUNAT (Superintendencia Nacional de Aduanas y de Administración Tributaria). 2017. *Fresas Perú Exportación 2017 Junio* (en línea). Lima. AGRODATAPERU. Consultado 8 oct. 2017. Disponible en: <https://www.agrodataperu.com/2017/08/fresas-peru-exportacion-2017-junio-2.html>

63. Turhan, E y Eris, A. 2005. Changes of Micronutrients, Dry Weight, and Chlorophyll Contents in Strawberry Plants Under Salt Stress Conditions, *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 36:7-8. p. 1021-1028.
64. Turker, M. C. Temirci, P. Battal y M.E. Erez. 2007. The effects of an artificial and static magnetic field on plant growth, chlorophyll and phytohormone levels in maize and sunflower plants. *Phyton. Ann. Rei Bot.*, 46(2). p. 271-284.
65. Ulrich, A., Mostafa, M.A.E., Allen, W.W. 1980. Strawberry Deficiency Symptoms: A Visual and Plant Analysis Guide to Fertilization. *Agric. Sci. Publ. University of California*, publ. 4098, 58 pp.
66. Vázquez-Gálvez, G., R. Cárdenas-Navarro y P. Lobit. 2008. Efecto del nitrógeno sobre el crecimiento y rendimiento de fresa regada por goteo y gravedad. *Agric. Técn. México* 34(2), p. 235-241.
67. Vergara Cobián, S. 2008. Estudio de la fresa en La Libertad. Perú. 41p
68. Wang, S. Y. y Camp M. J. 2000. Temperatures after bloom affect plant growth and fruit quality of strawberry. *J. Hortic. Sci*: 85: p. 183 – 199.
69. Westervelt, P. M. 2003. Greenhouse production of *Rosmarinus officinalis* L., Thesis Faculty Virginia Polytechnic Institute and State University. Blacksburg, Virginia, To obtain the degree in Master of Science in Horticultural Science.
70. Yusuf, K. O., Ogunlela, A. O. 2015. Impact of Magnetic Treatment of Irrigation Water on the Growth and Yield of Tomato. *Notulae Scientia Biologicae*, [S.l.], Vol. 7. N° 3. p. 345-348.
71. Zaragoza Nieto, Ramón Donovan. 2013. Evaluación de técnicas hidropónicas de producción en el cultivo de fresa (*fragaria x ananassa*) bajo invernadero. TESIS. 73 pág.