

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO
FACULTAD DE INGENIERÍA AMBIENTAL Y DE RECURSOS
NATURALES

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL Y
DE RECURSOS NATURALES



“APILAMIENTO DE CELDAS DE COMBUSTIBLE PLANTA
MICROBIANA (CCPM) CULTIVADAS CON LA ESPECIE
FRAGARIA SPP. PARA LA GENERACIÓN DE
BIOELECTRICIDAD, LIMA, 2022”

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO
AMBIENTAL Y DE RECURSOS NATURALES

BACH. CLAUDIA FERNANDA HUAMÁN CÓNDOR

BACH. JUAN FABRIZIO GOICOCHEA VELASQUEZ

BACH. PAULA GIANINA SISNIEGAS OCHOA

Callao, 2022

PERÚ

Three handwritten signatures in blue ink are positioned to the right of the names of the authors. The first signature is for Claudia Fernanda Huamán Córdor, the second for Juan Fabrizio Goicochea Velasquez, and the third for Paula Gianina Sisniegas Ochoa.

A handwritten signature in blue ink is positioned at the bottom right of the page, likely representing the author or a reviewer.



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO
FACULTAD DE INGENIERIA AMBIENTAL Y DE RECURSOS NATURALES
(Resolución N° 019-2021-CU del 20 de enero de 2021)



II CICLO TALLER DE TESIS

ANEXO 3

ACTA N° 012-2022 DE SUSTENTACIÓN DE TESIS CON CICLO DE TESIS PARA LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO AMBIENTAL Y DE RECURSOS NATURALES.

LIBRO 01 FOLIO No. 42 ACTA N°012-2022 DE SUSTENTACIÓN DE TESIS CON CICLO DE TESIS PARA LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO AMBIENTAL Y DE RECURSOS NATURALES.

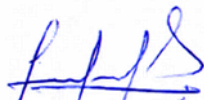
A los 17 días del mes de julio del año 2022, siendo las 11:51 horas, se reunieron, en la sala meet: <https://meet.google.com/pdz-iucr-pbo>, el **JURADO DE SUSTENTACION DE TESIS** para la obtención del **TÍTULO profesional de Ingeniero Ambiental y de Recursos Naturales** de la **Facultad de Ingeniería Ambiental y de Recursos Naturales**, conformado por los siguientes docentes ordinarios de la **Universidad Nacional del Callao**:

Mg.	Edgar Zárate Sarapura	: Presidente
MsC	María Antonieta Gutiérrez Díaz	: Secretaria
Ing.	Godofredo Teodoro León Ramírez	: Vocal
Mtro.	Jorge Matamoros De La Cruz	: Asesor

Se dio inicio al acto de sustentación de la tesis de los Bachilleres Claudia Fernanda Huamán Córdor, Juan Fabrizio Goicochea Velasquez y Paula Gianina Sisniegas Ochoa, quienes habiendo cumplido con los requisitos para optar el Título Profesional de Ingeniero Ambiental y de Recursos Naturales, sustentan la tesis titulada: **"APILAMIENTO DE CELDAS DE COMBUSTIBLE PLANTA MICROBIANA (CCPM) CULTIVADAS CON LA ESPECIE FRAGARIA SPP. PARA LA GENERACIÓN DE BIOELECTRICIDAD, LIMA, 2022"**, cumpliendo con la sustentación en acto público, de manera no presencial a través de la Plataforma Virtual, en cumplimiento de la declaración de emergencia adoptada por el Poder Ejecutivo para afrontar la pandemia del Covid19, a través del D.S. N° 044-2020-PCM y lo dispuesto en el DU N° 026-2020 y en concordancia con la Resolución del Consejo Directivo N°039-2020-SUNEDU-CD y la Resolución Viceministerial N° 085-2020-MINEDU, que aprueba las "Orientaciones para la continuidad del servicio educativo superior universitario";

Con el quórum reglamentario de ley, se dio inicio a la sustentación de conformidad con lo establecido por el Reglamento de Grados y Títulos vigente. Luego de la exposición, y la absolución de las preguntas formuladas por el Jurado y efectuadas las deliberaciones pertinentes, acordó: Dar por Aprobado con la escala de calificación cualitativa Muy Bueno y calificación cuantitativa 17, la presente Tesis, conforme a lo dispuesto en el Art. 27 del Reglamento de Grados y Títulos de la UNAC, aprobado por Resolución de Consejo Universitario N° 099-2021-CU del 30 de junio de 2021.

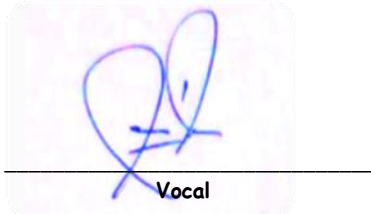
Se dio por cerrada la Sesión a las 12:49 horas del día domingo 17 de julio del año en curso.



Presidente



Secretaria



Vocal



Asesor

DEDICATORIA

Dedicamos esta investigación a nuestros padres y hermanos por su constante motivación y apoyo incondicional; y por preguntarnos diariamente "*¿cómo va la tesis?*"

AGRADECIMIENTO

Agradecemos a Dios por darnos una vida para disfrutar.

Agradecemos a nuestro asesor Jorge Matamoros De La Cruz por impulsarnos a mejorar nuestra investigación y su constante motivación.

Agradecemos a la Facultad de Ingeniería Ambiental y de Recursos Naturales, y a los docentes por brindarnos sus conocimientos y el espacio para desarrollarnos profesionalmente.

Agradecemos a nuestros familiares y amigos que de alguna manera nos apoyaron en el desarrollo de esta investigación, y especialmente a nuestro querido amigo Anthony Fow Esteves por compartir sus conocimientos y acompañarnos en este proceso.

ÍNDICE

RESUMEN	17
ABSTRACT	20
INTRODUCCIÓN	23
I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	25
1.1 DESCRIPCIÓN DE LA REALIDAD PROBLEMÁTICA	25
1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	27
1.2.1 Problema general	27
1.2.2 Problemas específicos	27
1.3 OBJETIVOS	27
1.3.1 Objetivo General	27
1.3.2 Objetivos Específicos	27
1.4 LIMITANTES DE LA INVESTIGACIÓN	28
1.4.1 Limitantes teóricas	28
1.4.2 Limitantes temporales	28
1.4.3 Limitantes espaciales	29
II. MARCO TEÓRICO	30
2.1 ANTECEDENTES	30
2.1.1 Antecedentes Internacionales	30
2.1.2 Antecedentes Nacionales	35
2.2 BASES TEÓRICAS	39
2.2.1 Marco Normativo	39
2.2.2 Generación de bioelectricidad o bioelectrogénesis	43
2.2.3 Celdas de combustible	46
2.2.4 Apilamiento de celdas de combustible planta microbiana	53
2.2.5 Fresa (<i>Fragaria spp.</i>)	59

2.3	MARCO CONCEPTUAL	62
2.3.1	Fotosíntesis y respiración celular	62
2.3.2	Vías fotosintéticas	63
2.3.3	Microorganismos del suelo	65
2.3.4	Rizósfera	66
2.3.5	Factores que afectan el rendimiento de una CCPM	68
2.3.6	Bacterias electroquímicamente activas	69
2.3.7	Biochar	70
2.3.8	Compost	71
2.4	DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS	71
2.4.1	Celda de combustible microbiana	71
2.4.2	Cambio climático global	71
2.4.3	Biomasa	72
2.4.4	Conductividad	72
2.4.5	Energía renovable	72
2.4.6	Energía no renovable o convencional	73
2.4.7	Gases de efecto invernadero	73
2.4.8	Huella de carbono	73
2.4.9	Sostenibilidad	74
2.4.10	Tecnología limpia	74
III.	HIPOTÉISIS Y VARIABLES	75
3.1	HIPÓTESIS	75
3.1.1	Hipótesis General	75
3.1.2	Hipótesis Específicas	75
3.2	DEFINICIÓN CONCEPTUAL DE VARIABLES	75
3.2.1	Variable independiente (X)	75

3.2.2	Variable dependiente (Y)	76
3.2.3	OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLE	77
IV.	DISEÑO METODOLÓGICO	79
4.1	TIPO Y DISEÑO DE INVESTIGACIÓN	79
4.1.1	Tipo de investigación	79
4.1.2	Nivel de investigación	79
4.1.3	Enfoque de la investigación	79
4.1.4	Diseño de investigación	80
4.2	MÉTODO DE INVESTIGACIÓN	81
4.3	POBLACIÓN Y MUESTRA	83
4.3.1	Población	83
4.3.2	Muestra	83
4.3.3	Tipo de muestreo	85
4.4	LUGAR DE ESTUDIO Y PERIODO DESARROLLADO	86
4.4.1	Diseño del sistema de apilamiento	87
4.4.2	Construcción de las celdas de combustible planta microbiana (CCPM)	92
4.4.3	Operación del sistema de apilamiento	99
4.4.4	Adaptabilidad de la planta	101
4.5	TÉCNICAS E INSTRUMENTOS PARA LA RECOLECCIÓN DE LA INFORMACIÓN	102
4.5.1	Técnica	102
4.5.2	Instrumentos de recolección de información	103
4.5.3	Equipos, materiales e insumos utilizados	104
4.6	ANÁLISIS Y PROCESAMIENTO DE DATOS	105
V.	RESULTADOS	106

5.1	RESULTADOS DESCRIPTIVOS	106
5.1.1	Resultados de las CCPM individuales	106
5.1.2	Resultados de las CCPM apiladas	111
5.1.2.1	Tratamiento 1 (Conexiones en serie)	112
5.1.2.2	Tratamiento 2 (Conexiones en paralelo)	120
5.1.3	Resultados de la morfología externa vegetal	127
5.2	RESULTADOS INFERENCIALES	135
5.2.1	Resultados del objetivo general	135
5.2.2	Resultados del primer objetivo específico	146
5.2.3	Resultados del segundo objetivo específico	166
5.2.4	Resultados del tercer objetivo específico	186
VI.	DISCUSIÓN DE RESULTADOS	189
6.1	CONTRASTACIÓN Y DEMOSTRACIÓN DE LA HIPÓTESIS CON LOS RESULTADOS	189
6.1.1	Hipótesis general	189
6.1.2	Hipótesis específica 1	192
6.1.3	Hipótesis específica 2	194
6.1.4	Hipótesis específica 3	196
6.2	CONTRASTACIÓN DE LOS RESULTADOS CON OTROS ESTUDIOS SIMILARES	199
6.3	RESPONSABILIDAD ÉTICA DE ACUERDO A LOS REGLAMENTOS VIGENTES	203
	CONCLUSIONES	204
	RECOMENDACIONES	206
	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	207
	ANEXOS	226

LISTA DE TABLAS

Tabla 1 <i>Objetivos prioritarios y lineamientos de la Política Nacional del Ambiente.....</i>	41
Tabla 2 <i>Clasificación de las CCPM.....</i>	52
Tabla 3 <i>Operacionalización de las variables.....</i>	77
Tabla 4 <i>Características de la planta seleccionada.....</i>	84
Tabla 5 <i>Características del sustrato.....</i>	84
Tabla 6 <i>Características de los electrodos.....</i>	84
Tabla 7 <i>Detalle de los tratamientos.....</i>	85
Tabla 8 <i>Detalle de cada tipo de conexión y medición en cada unidad de análisis experimental.....</i>	91
Tabla 9 <i>Instrumentos de recolección de información.....</i>	103
Tabla 10 <i>Resultados promedios del voltaje (voltios) de las CCPM por cada tratamiento.....</i>	106
Tabla 11 <i>Resultados promedios de la intensidad de corriente eléctrica (mili amperios) de las CCPM por cada tratamiento.....</i>	108
Tabla 12 <i>Resultados promedios del voltaje (voltios) de las CCPM apiladas en el Tratamiento 1- (Circuito Abierto).....</i>	112
Tabla 13 <i>Resultados promedios del voltaje (voltios) de las CCPM apiladas en el Tratamiento 1- (Circuito Cerrado).....</i>	114
Tabla 14 <i>Resultados promedios, máximos y mínimos de la potencia eléctrica (mili watts) de las CCPM apiladas en el Tratamiento 1- (Circuito abierto).....</i>	117
Tabla 15 <i>Resultados promedios, máximos y mínimos de la potencia eléctrica (mili watts) de las CCPM apiladas en el Tratamiento 1- (Circuito cerrado).....</i>	118
Tabla 16 <i>Resultados promedios, máximos y mínimos de la densidad de potencia eléctrica (mili watts/m²) de las CCPM apiladas en el Tratamiento 1- (Circuito abierto).....</i>	118
Tabla 17 <i>Resultados promedios, máximos y mínimos de la densidad de potencia eléctrica (mili watts/m²) de las CCPM apiladas en el Tratamiento 1- (Circuito cerrado).....</i>	118
Tabla 18 <i>Resultados promedios de la intensidad de corriente (mili amperios) de las CCPM apiladas en el Tratamiento 2- (Circuito Abierto).....</i>	120
Tabla 19 <i>Resultados promedios de la intensidad de corriente (mili amperios) de las CCPM apiladas en el Tratamiento 2- (Circuito Cerrado).....</i>	122
Tabla 20 <i>Resultados promedios, máximos y mínimos de la potencia eléctrica (mili watts) de las CCPM apiladas en el Tratamiento 2 - (Circuito Abierto).....</i>	125

Tabla 21 Resultados promedios, máximos y mínimos de la potencia eléctrica (mili watts) de las CCPM apiladas en el Tratamiento 2 - (Circuito Cerrado)	125
Tabla 22 Resultados promedios, máximos y mínimos de la densidad de potencia eléctrica (mili watts/m ²) de las CCPM apiladas en el Tratamiento 2 - (Circuito Abierto)	126
Tabla 23 Resultados promedios, máximos y mínimos de la densidad de potencia eléctrica (mili watts/m ²) de las CCPM apiladas en el Tratamiento 2 - (Circuito Cerrado)	126
Tabla 24 Características morfológicas de las plantas antes del inicio de operación de las CCPM.....	128
Tabla 25 Características morfológicas de las plantas al finalizar la operación de las CCPM	131
Tabla 26 Intervalos de confianza para la media (95%) de la potencia eléctrica generada en circuito abierto para disposiciones de celdas en serie y paralelo.....	136
Tabla 27 Prueba de Kruskal Wallis para la potencia eléctrica en circuito abierto en diferentes disposiciones en serie y paralelo	137
Tabla 28 Comparaciones múltiples entre grupos (3S, 9S, 3SP, 3P, 9P, 3PS), para la generación de potencia eléctrica a circuito abierto	137
Tabla 29 Intervalos de confianza para la media (95%) de la potencia eléctrica generada en circuito cerrado para disposiciones de celdas en serie y paralelo.....	138
Tabla 30 Prueba de Kruskal Wallis para la potencia eléctrica en circuito cerrado en diferentes disposiciones en serie y paralelo	139
Tabla 31 Comparaciones múltiples entre grupos (3S, 9S, 3SP, 3P, 9P, 3PS), para la generación de potencia eléctrica a circuito cerrado.....	140
Tabla 32 Intervalos de confianza para la media (95%) de la densidad de potencia eléctrica generada en circuito abierto para disposiciones de celdas en serie y paralelo	141
Tabla 33 Prueba de Kruskal Wallis para la densidad de potencia eléctrica en circuito abierto en diferentes disposiciones en serie y paralelo.....	142
Tabla 34 Comparaciones múltiples entre grupos (3S, 9S, 3SP, 3P, 9P, 3PS), para la generación de densidad de potencia eléctrica a circuito abierto.....	142
Tabla 35 Comparaciones múltiples entre grupos (3S, 9S, 3SP, 3P, 9P, 3PS), para la generación de densidad de potencia eléctrica a circuito abierto.....	144
Tabla 36 Prueba de Kruskal Wallis para la densidad de potencia eléctrica en circuito cerrado en diferentes disposiciones en serie y paralelo	144

Tabla 37 Comparaciones múltiples entre grupos (3S, 9S, 3SP, 3P, 9P, 3PS), para la generación de densidad de potencia eléctrica a circuito cerrado.....	145
Tabla 38 Intervalos de confianza para la media (95%) del voltaje generado en circuito abierto para disposiciones de celdas en serie	147
Tabla 39 Prueba de Kruskal Wallis para el voltaje en circuito abierto en diferentes disposiciones en serie	147
Tabla 40 Comparaciones múltiples entre grupos (3S, 9S, 3SP) para la generación de voltaje en circuito abierto.....	148
Tabla 41 Intervalos de confianza para la media (95%) del voltaje generado en circuito cerrado para las disposiciones de celdas en serie	149
Tabla 42 Prueba ANOVA Intersujetos para el voltaje en circuito cerrado en diferentes en series	149
Tabla 43 Comparaciones múltiples entre grupos (3S, 9S, 3SP), para la generación de voltaje a circuito cerrado	150
Tabla 44 Intervalos de confianza para la media (95%) de la intensidad de corriente eléctrica generada en circuito abierto para las disposiciones de celdas en serie.....	150
Tabla 45 Prueba ANOVA Intersujetos para el voltaje en circuito cerrado en diferentes en series	151
Tabla 46 Comparaciones múltiples entre grupos (3S, 9S, 3SP), para la generación de intensidad de corriente eléctrica a circuito abierto	152
Tabla 47 Intervalos de confianza para la media (95% de la intensidad de corriente eléctrica generada en circuito cerrado para disposiciones de celdas en serie.....	152
Tabla 48 Prueba ANOVA Intersujetos para la intensidad de corriente eléctrica en circuito cerrado en diferentes disposiciones en serie.....	153
Tabla 49 Comparaciones múltiples entre grupos (3S, 9S, 3SP), para la intensidad de corriente eléctrica en circuito cerrado.....	154
Tabla 50 Intervalos de confianza para la media (95%) de la resistencia en circuito abierto para disposiciones de celdas en series	154
Tabla 51 Prueba de Kruskal Wallis para la resistencia en circuito abierto en diferentes disposiciones en serie	155
Tabla 52 Comparaciones múltiples entre grupos (3S, 9S, 3SP), para la resistencia a circuito abierto.....	156
Tabla 53 Intervalos de confianza para la media (95%) de la resistencia generada en circuito cerrado para disposiciones de celdas en serie.....	156

Tabla 54 Prueba de Kruskal Wallis para la resistencia en circuito cerrado en diferentes disposiciones en series	157
Tabla 55 Comparaciones múltiples entre grupos (3S, 9S, 3SP), para la resistencia a circuito cerrado.....	158
Tabla 56 Intervalos de confianza para la media (95%) de la potencia eléctrica generada en circuito abierto para disposiciones de celdas en series	158
Tabla 57 Prueba de Kruskal Wallis para la potencia eléctrica en circuito abierto en diferentes disposiciones en series.....	159
Tabla 58 Comparaciones múltiples entre grupos (3S, 9S, 3SP), para la potencia eléctrica a circuito abierto.....	160
Tabla 59 Intervalos de confianza para la media (95%) de la potencia eléctrica generada en circuito cerrado para disposiciones de celdas en series	160
Tabla 60 Prueba de Kruskal Wallis para la potencia eléctrica en circuito cerrado en diferentes disposiciones en series.....	161
Tabla 61 Prueba de Kruskal Wallis para la potencia eléctrica en circuito cerrado en diferentes disposiciones en series.....	162
Tabla 62 Intervalos de confianza para la media (95%) de la densidad de potencia eléctrica generada en circuito abierto para disposiciones de celdas en series	162
Tabla 63 Prueba ANOVA Inter sujetos para la densidad de potencia eléctrica en circuito abierto en diferentes disposiciones en series	163
Tabla 64 Comparaciones múltiples entre grupos (3S, 9S, 3SP), para la generación de densidad de potencia eléctrica a circuito abierto	164
Tabla 65 Intervalos de confianza para la media (95%) de la densidad de potencia eléctrica generada en circuito cerrado para disposiciones de celdas en series	164
Tabla 66 Prueba de Kruskal Wallis para la densidad de potencia eléctrica en circuito cerrado en diferentes disposiciones en series.....	165
Tabla 67 Comparaciones múltiples entre grupos (3S, 9S, 3SP), para la generación de densidad de potencia eléctrica a circuito cerrado	166
Tabla 68 Intervalos de confianza para la media (95%) del voltaje generado en circuito abierto para disposiciones de celdas en paralelo	167
Tabla 69 Prueba de Kruskal Wallis para el voltaje en circuito abierto en diferentes disposiciones en paralelo	167
Tabla 70 Comparaciones múltiples entre grupos (3P, 9P, 3PS) para la generación de voltaje en circuito abierto.....	168

Tabla 71 Intervalos de confianza para la media (95%) del voltaje generado en circuito cerrado para disposiciones de celdas en paralelo	169
Tabla 72 Prueba de Kruskal Wallis para el Voltaje en circuito cerrado en diferentes disposiciones en paralelos	169
Tabla 73 Comparaciones múltiples entre grupos (3P, 9P, 3PS), para la generación de voltaje a circuito cerrado	170
Tabla 74 Intervalos de confianza para la media (95%) de la intensidad de corriente eléctrica generada en circuito abierto para las disposiciones de celdas en paralelo..	171
Tabla 75 Con el fin de establecer diferencias de corriente eléctrica a circuito abierto en los diferentes grupos de disposición de celdas en paralelo (3P, 9P, 3PS), se utilizó el análisis de H Kruskal – Wallis	171
Tabla 76 Comparaciones múltiples entre grupos (3S, 9S, 3SP), para la generación de intensidad de corriente eléctrica a circuito abierto	172
Tabla 77 Intervalos de confianza para la media (95%) de la intensidad de corriente eléctrica generada en circuito cerrado para disposiciones de celdas en paralelo	173
Tabla 78 Prueba de Kruskal Wallis para la corriente eléctrica a circuito cerrado en diferentes disposiciones en paralelo.....	173
Tabla 79 Comparaciones múltiples entre grupos (3P, 9P, 3PS), para la generación de corriente eléctrica a circuito cerrado.....	174
Tabla 80 Intervalos de confianza para la media (95%) de la resistencia en circuito abierto para disposiciones de celdas en series	175
Tabla 81 Prueba de Kruskal Wallis para la resistencia en circuito abierto en diferentes disposiciones en paralelo	175
Tabla 82 Intervalos de confianza para la media (95%) de la resistencia generada en circuito cerrado para disposiciones de celdas en serie.....	176
Tabla 83 Prueba de Kruskal Wallis para la resistencia en circuito cerrado en diferentes disposiciones en paralelo	177
Tabla 84 Comparaciones múltiples entre grupos (3P, 9P, 3PS), para la resistencia a circuito cerrado.....	177
Tabla 85 Intervalos de confianza para la media (95%) de la potencia eléctrica generada en circuito abierto para disposiciones de celdas en paralelo	178
Tabla 86 Prueba de Kruskal Wallis para la potencia eléctrica en circuito abierto en diferentes disposiciones en paralelo.....	179
Tabla 87 Comparaciones múltiples entre grupos (3P, 9P, 3PS), para la potencia eléctrica a circuito abierto.....	179

Tabla 88 <i>Intervalos de confianza para la media (95%) de la potencia eléctrica generada en circuito cerrado para disposiciones de celdas en paralelo.....</i>	180
Tabla 89 <i>Prueba ANOVA Inter sujetos para la potencia eléctrica en circuito cerrado en diferentes disposiciones en paralelo.....</i>	181
Tabla 90 <i>Comparaciones múltiples entre grupos (3P, 9P, 3PS), para la generación de potencia eléctrica a circuito cerrado</i>	181
Tabla 91 <i>Intervalos de confianza para la media (95%) de la densidad de potencia eléctrica generada en circuito abierto para disposiciones de celdas en paralelos</i>	182
Tabla 92 <i>Prueba de Kruskal Wallis para la densidad de potencia eléctrica en circuito abierto en diferentes disposiciones en paralelos</i>	183
Tabla 93 <i>Comparaciones múltiples entre grupos (3P, 9P, 3PS), para la generación de densidad de potencia eléctrica a circuito abierto</i>	183
Tabla 94 <i>Intervalos de confianza para la media (95%) de la densidad de potencia eléctrica generada en circuito cerrado para disposiciones de celdas en paralelos</i>	184
Tabla 95 <i>Prueba ANOVA Intersujetos para la densidad de potencia eléctrica en circuito abierto en diferentes disposiciones en paralelo</i>	185
Tabla 96 <i>Comparaciones múltiples entre grupos (3P, 9P, 3PS), para la generación de densidad de potencia eléctrica a circuito abierto</i>	185
Tabla 97 <i>Prueba de hipótesis U Mann – Withney para la generación de tallos en diferentes grupos</i>	186
Tabla 98 <i>Prueba de hipótesis U Mann – Withney para la generación de hojas en diferentes grupos</i>	187
Tabla 99 <i>Prueba de hipótesis U Mann – Withney para la generación de estolones en diferentes grupos</i>	188
Tabla 100 <i>Intervalos de confianza para la media (95%) de la potencia eléctrica generada en circuito abierto para disposiciones de celdas en serie y paralelo.....</i>	190
Tabla 101 <i>Intervalos de confianza para la media (95%) de la densidad de potencia eléctrica generada en circuito abierto para disposiciones de celdas en serie y paralelo</i>	191
Tabla 102 <i>Intervalos de confianza para la media (95%) del voltaje generado en circuito abierto para disposiciones de celdas en serie</i>	193
Tabla 103 <i>Intervalos de confianza para la media (95%) de la intensidad de corriente eléctrica en circuito abierto para disposiciones de celdas en paralelo</i>	195
Tabla 104 <i>Prueba de hipótesis U Mann – Withney para la generación de tallos en diferentes grupos</i>	197

Tabla 105 Prueba de hipótesis U Mann – Withney para la generación de hojas en diferentes grupos	198
Tabla 106 Prueba de hipótesis U Mann – Withney para la generación de estolones en diferentes grupos	199

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 Esquema de la celda de combustible de hidrógeno/oxígeno	47
Figura 2 Esquema de la celda de combustible microbiana	48
Figura 3 Esquema de la celda de combustible microbiana a detalle	49
Figura 4 Esquema de la celda de combustible planta microbiana acuática	51
Figura 5 Esquema de la pila o celda de combustible microbiana vegetal terrestre	53
Figura 6 Habilitación del invernadero	86
Figura 7 Plantas a trasplantar.....	87
Figura 8 Composición del sustrato	88
Figura 9 Biochar empleado como ánodo	89
Figura 10 Clavos de alcañata empleados como cátodos	90
Figura 11 Cables conductores.....	90
Figura 12 Contenedores de las celdas de combustible (CCPM).....	93
Figura 13 Contenedores de las celdas de combustible (CCPM).....	94
Figura 14 Preparación del sustrato.....	95
Figura 15 Celda de combustible planta microbiana	97
Figura 16 Rotulado de las celdas de combustible planta microbiana.....	98
Figura 17 Potenciómetro conectado a la celda de combustible planta microbiana	99
Figura 18 Medición diaria de las magnitudes eléctricas.....	100

LISTA DE GRÁFICAS

Gráfica 1 Metodología de trabajo experimental	102
Gráfica 2 Registro y procesamiento estadístico de los datos registrados	105
Gráfica 3 Comportamiento diario de los valores promedio de voltaje en las celdas de combustible planta microbiana	107
Gráfica 4 Comportamiento diario de los valores promedio de la intensidad de corriente eléctrica en las CCPM individuales	108
Gráfica 5 Resultados promedio de la potencia eléctrica en las CCPM individuales ..	109

Gráfica 6 Resultados promedio de la densidad de potencia eléctrica en la CCPM individuales	110
Gráfica 7 Valores promedio de la potencia eléctrica y densidad de potencia eléctrica	111
Gráfica 8 Resultados del voltaje promedio en circuito abierto en el Tratamiento 1 ...	113
Gráfica 9 Resultados del voltaje promedio en circuito cerrado en el Tratamiento 1 ..	115
Gráfica 10 Resultados de la intensidad de corriente eléctrica y resistencia – (Circuito abierto) en el Tratamiento 1	116
Gráfica 11 Resultados de la intensidad de corriente eléctrica y resistencia – (Circuito cerrado) en el Tratamiento 1	117
Gráfica 12 Comportamiento de la Potencia Eléctrica y Densidad de Potencia Eléctrica	119
Gráfica 13 Resultados de la intensidad de corriente eléctrica promedio en circuito abierto.....	121
Gráfica 14 Resultados de la intensidad de corriente eléctrica promedio en circuito cerrado.....	123
Gráfica 15 Resultados de voltaje y resistencia (Circuito abierto)	124
Gráfica 16 Resultados de voltaje y resistencia (Circuito cerrado)	124
Gráfica 17 Comportamiento de la Potencia Eléctrica y Densidad de Potencia Eléctrica	127
Gráfica 18 Características morfológicas iniciales de cada planta (fresa) por tipo de tratamiento (05.04.2022).....	130
Gráfica 19 Características morfológicas finales de cada planta (fresa) por tipo de tratamiento (29.04.2022).....	133
Gráfica 20 Características morfológicas iniciales y finales de cada planta (fresa) en el Tratamiento 1	134
Gráfica 21 Características morfológicas iniciales y finales de cada planta (fresa) en el Tratamiento 2	135
Gráfica 22 Comparación de medias muestrales para los valores de la potencia eléctrica	190
Gráfica 23 Comparación de medias muestrales para los valores de la densidad de potencia eléctrica	192
Gráfica 24 Comparación de medias muestrales para los valores de voltaje	194
Gráfica 25 Comparación de medias muestrales para los valores de intensidad de corriente eléctrica.....	196

RESUMEN

Las fuentes de energía convencional o no renovable, como los combustibles fósiles y las reservas de carbón, que se emplean para satisfacer las demandas energéticas mundiales (Mishra et al., 2020) generan un impacto en el ambiente, ya sea de forma positiva o negativa, cabe señalar que este último se ha incrementado perjudicando notablemente el ambiente y la salud de las personas (Helder, 2012), lo que ha dado lugar a la búsqueda de nuevas formas de producir energía limpia a partir de fuentes renovables.

La celda de combustible planta microbiana (en adelante, la "CCPM") es una nueva tecnología, sostenible y barata que genera bioelectricidad a partir del proceso de fotosíntesis y la descomposición de compuestos orgánicos por los microorganismos en la zona radicular de la planta. El rendimiento de una CCPM se ve reflejado en la cantidad de corriente eléctrica generada, la cual se evalúa a través de sus magnitudes eléctricas (potencia eléctrica y densidad de potencia eléctrica); sin embargo, a la fecha los rendimientos obtenidos continúan siendo muy bajos en comparación con otras fuentes de energía existentes.

La presente investigación propone evaluar el rendimiento del apilamiento de las CCPM cultivadas con la especie *Fragaria spp.* (fresa) para la generación de bioelectricidad mediante el análisis e interpretación de los resultados de potencia eléctrica y densidad de potencia eléctrica; asimismo, se evalúa el comportamiento de las magnitudes eléctricas (voltaje, intensidad de corriente eléctrica y resistencia) registradas en las conexiones en serie, paralelo y sus combinaciones que forman parte de los tratamientos establecidos. También, se realizó el análisis de las características morfológicas de la fresa al inicio y término de la investigación para determinar si los tratamientos influyen sobre el crecimiento y desarrollo de la planta.

El diseño de la investigación es de tipo experimental, en donde los componentes principales de las CCPM fueron los siguientes: biocarbón o biochar de residuos forestales de pino como ánodos y clavos de alcayata de acero como cátodos, y la especie vegetal seleccionada fue la *Fragaria spp.* Se realizaron dos (02) tipos

de tratamientos los cuales se diferenciaron en el tipo de conexión, el primer tratamiento “conexiones en serie” tuvo las configuraciones 3S, 9S y 3S-P, y el segundo tratamiento “conexiones en paralelo” tuvo las configuraciones 3P, 9P y 3P-S. Asimismo, se realizó el análisis de la cantidad de hojas, tallos y estolones de las fresas al inicio y término del experimento. La medición de las magnitudes eléctricas se realizó con un multímetro de la marca SAMWIN DT830D en circuito abierto y circuito cerrado, a partir de estos resultados se calcularon los valores de la potencia eléctrica (W) y densidad de potencia (W/m^2).

Para determinar si existen diferencias significativas entre los tratamientos, se realizó un análisis estadístico por cada magnitud eléctrica, para lo cual se utilizó una prueba paramétrica (ANOVA) o no paramétrica (H. Kruskal - Wallis) según la distribución de los datos y el cumplimiento de los supuestos, asimismo, se utilizó la prueba estadística U Mann – Whitney para evaluar los resultados de las características morfológicas de la fresa. Los resultados mostraron que en las configuraciones (9S) y (9P) se obtuvieron los mayores valores promedio de potencia eléctrica siendo 4,16 mW y 3,54 mW respectivamente; es decir que al apilar más celdas se obtienen mayores valores de potencia eléctrica; sin embargo, debido a las pérdidas de energía del sistema no se logró maximizar los resultados. Con respecto a la densidad de potencia eléctrica, los valores promedio máximos fueron 223,05 mW /m^2 en la configuración (3S) y 177,32 mW /m^2 en la configuración (3P), dado que, a una menor cantidad de celdas apiladas, menor es la superficie del ánodo total y, por consiguiente, la densidad de potencia eléctrica es mayor. Además, la fresa no presentó afectaciones durante el desarrollo de la investigación.

Finalmente, se concluye que el apilamiento de las CCPM conectadas en serie, paralelo y sus combinaciones, mejoran el rendimiento del sistema incrementando los valores de potencia eléctrica y densidad de potencia eléctrica, siendo las configuraciones (9S) y (3S) las que generaron mayores cantidades de bioelectricidad a diferencia de las otras configuraciones; asimismo, se comprobó que los tipos de conexiones no tienen influencia sobre el desarrollo y crecimiento de la especie vegetal pues no se identificaron diferencias significativas en ambos tratamientos tras el análisis de sus características morfológicas.

Palabras claves: celdas de combustible planta microbiana (CCPM), circuitos eléctricos, conexión en serie, conexión en paralelo, voltaje, intensidad de corriente eléctrica, densidad de potencia eléctrica, potencia eléctrica, ánodo, cátodo y *Fragaria spp.*

ABSTRACT

Conventional or non-renewable energy sources, such as fossil fuels and coal reserves, which are used to meet global energy demands (Mishra et al., 2020) generate an impact on the environment, either positively or negatively, it should be noted that the latter has increased significantly harming the environment and people's health (Helder, 2012), which has led to the search for new ways to produce clean energy from renewable sources.

The plant microbial fuel cell (hereafter, the "PMFC") is a new, sustainable and inexpensive technology that generates bioelectricity from the process of photosynthesis and the decomposition of organic compounds by microorganisms in the root zone of the plant. The performance of a PMFC is reflected in the amount of electrical current generated, which is evaluated through its electrical magnitudes (electrical power and electrical power density); however, to date the yields obtained continue to be very low compared to other existing energy sources.

The present research proposes to evaluate the performance of the stacking of the PMFC cultivated with *Fragaria spp.* for the generation of bioelectricity through the analysis and interpretation of the results of electrical power and electrical power density; likewise, the behavior of the electrical magnitudes (voltage, electrical current intensity and resistance) registered in the connections in series, parallel and their combinations that are part of the established treatments is evaluated. The morphological characteristics of the strawberry at the beginning and end of the research were also analyzed to determine if the treatments influence the growth and development of the plant.

The research design is experimental, where the main components of the PMFC were the following: biochar or biochar from pine forest residues as anodes and steel nails as cathodes, and the plant species selected was *Fragaria spp.* Two (02) types of treatments were carried out, which differed in the type of connection, the first "connections in series" had the configurations 3S, 9S and 3S-P, and the second treatment "connections in parallel" had the configurations 3P, 9P and 3P-S. Likewise, the analysis of the number of leaves, stems and stolons of the

strawberries at the beginning and end of the experiment was carried out. The electrical magnitudes were measured with a SAMWIN DT830D multimeter in open and closed circuits, and from these results the values of electrical power (W) and power density (W/m^2) were calculated.

To determine if there are significant differences between treatments, a statistical analysis was performed for each electrical magnitude, for which a parametric test (ANOVA) or non-parametric test (H. Kruskal - Wallis) was used according to the distribution of the data and the fulfillment of the assumptions, likewise, the Mann - Whitney U statistical test was used to evaluate the results of the morphological characteristics of the strawberry. The results showed that in the configurations (9S) and (9P) the highest average electrical power values were obtained being 4.16 mW and 3.54 mW respectively; that is to say that by stacking more cells higher electrical power values are obtained; however, due to the energy losses of the system it was not possible to maximize the results. With respect to the electrical power density, the maximum average values were 223.05 mW/m^2 in the (3S) configuration and 177.32 mW/m^2 in the (3P) configuration, given that the fewer cells stacked, the smaller the total anode surface and, consequently, the higher the electrical power density. In addition, the milling cutter was not affected during the development of the research.

Finally, it is concluded that the stacking of the PMFCs connected in series, parallel and their combinations, improve the performance of the system by increasing the values of electric power and electric power density, being the configurations (9S) and (3S) those that generated greater amounts of bioelectricity as opposed to the other configurations; also, it was proven that the types of connections have no influence on the development and growth of the plant species since no significant differences were identified in both treatments after the analysis of their morphological characteristics.

Key words: plant microbial fuel cell (PMFC), electrical circuits, series connection, parallel connection, voltage, electrical current intensity, electrical power density, electrical power, anode, cathode and *Fragaria spp.*

INTRODUCCIÓN

La demanda de energía eléctrica o electricidad es un importante indicador considerado para determinar si un país se encuentra en vías de desarrollo o es desarrollado, según la Agencia de Energía Internacional (IEA), las economías modernas dependen de un suministro de electricidad fiable y asequible. Actualmente, el acceso a la energía como la electricidad es un aspecto importante del desarrollo humano, pues existe una correlación positiva entre el consumo de electricidad per cápita (en kWh), el índice de desarrollo humano (IDH) y también el producto interno bruto (PIB) de 120 países (Sudirjo, 2020).

La generación de energía eléctrica o electricidad se produce de dos formas, a partir de fuentes de energía no renovables o convencionales como el carbón, petróleo o gas natural y fuentes de energía renovables o no convencionales que incluyen la energía solar, eólica, térmica, nuclear, hidroeléctrica, etc. Cabe señalar que la generación de energía eléctrica actualmente está dominada por las fuentes de combustibles fósiles (basadas en petróleo, carbón y gas natural); en ese sentido, los problemas ambientales asociados con la generación de energía eléctrica a partir de fuentes de combustibles fósiles, como el rápido agotamiento de las fuentes de fácil acceso y la contaminación atmosférica (emisiones de CO₂, NO_x) se han incrementado notablemente provocando un impacto negativo en el ambiente, un mayor riesgo para la salud y el cambio climático global que ha dado lugar a la búsqueda de fuentes de energía sostenibles (Helder, 2012). Por ello resulta importante buscar nuevas formas de generar energía eléctrica sostenible con el medio ambiente, tales como la generación de energía eléctrica a partir de un sistema de celdas de combustible planta microbiana (CCPM), la cual deriva de la celda de combustible microbiana (CCM). La tecnología CCPM representa un enfoque innovador en la cual los microbios electroquímicamente activos generan energía eléctrica mediante la oxidación de la fracción orgánica de los residuos ambientales y la biomasa renovable; sin embargo, a la fecha los sistemas CCPM no son aplicables a gran escala por sus bajos rendimientos (Apollon et al., 2021).

Por ello, esta investigación tiene como propósito construir un sistema de apilamiento de celdas de combustible planta microbiana (CCPM) cultivadas con la especie *Fragaria spp.* (fresa) y evaluar su rendimiento durante la generación de bioelectricidad; en ese sentido, se espera incrementar la cantidad de bioelectricidad luego de analizar los resultados de las magnitudes eléctricas (potencia eléctrica y densidad de potencia eléctrica) en ambos tratamientos; asimismo, es importante señalar que existen otros factores que afectan el rendimiento del sistema CCPM como la elección de la especie vegetal, material de los electrodos (ánodo y cátodo), el sustrato, el diseño y la distribución de las CCPM (Nitisoravut y Regmi, 2017). La metodología de investigación seleccionada corresponde al método aplicativo con diseño experimental, pues se espera mejorar o perfeccionar el rendimiento de las CCPM durante la generación de bioelectricidad.

En principio, se espera que los resultados obedezcan a la teoría de los circuitos eléctricos, es decir que, el apilamiento en serie deberá aumentar significativamente los valores de voltaje y resistencia a razón de una intensidad de corriente eléctrica constante; por otro lado, las conexiones en paralelo deberán aumentar la cantidad de intensidad corriente eléctrica y disminuir la resistencia eléctrica a costas de un valor de voltaje constante. Sin embargo, es importante mencionar que el comportamiento de las CCPM no cumple al 100% la teoría de los circuitos eléctricos, pues al tratarse de sistemas biológicos manifiestan pérdidas de energía.

A modo de conclusión, los valores de las magnitudes eléctricas registrados en ambos tratamientos estuvieron por encima de los valores registrados por otros autores; asimismo, el análisis estadístico indicó que existían diferencias significativas entre ambos tratamientos. De esta manera, se determinó que las conexiones de tipo 9S y 3S exhibieron los mejores rendimientos. Cabe señalar que los mayores valores de potencia y densidad de potencia eléctrica se registraron en horario nocturno. Finalmente, en relación al crecimiento y desarrollo de la especie *Fragaria spp.* dentro del sistema de apilamiento, el análisis estadístico indicó que no existen diferencias significativas debido al tipo de conexión (tratamiento).

I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 DESCRIPCIÓN DE LA REALIDAD PROBLEMÁTICA

El efecto del calentamiento global continúa teniendo un impacto en el clima, a causa de que se ha superado la capacidad sostenible de los ecosistemas. Así también, la sobrepoblación, en términos de consumo, ha excedido la capacidad de regeneración de los recursos disponibles. Ambas causas son los principales factores que acentúan el cambio climático y como consecuencia han generado la necesidad de producir nuevas tecnologías que disminuyan la dependencia de los combustibles fósiles y promuevan la sostenibilidad (Greenman et al., 2019).

Por consiguiente, la presión por sustituir las fuentes de energías convencionales ha llevado en las últimas décadas a desarrollar sistemas bioelectroquímicos denominados celda de combustible planta microbiana (en adelante, "CCPM") que genera electricidad a partir del proceso de fotosíntesis y la descomposición de compuestos orgánicos por los microorganismos en la zona radicular de la planta (Sarma y Mohanty, 2019). Además, de ser una tecnología de bajo costo y no destructiva, esta es sostenible y neutra en carbono, lo que significa que es un factor clave para la generación de energía limpia, pues ayudará a mitigar el efecto del cambio climático (Nitorisavut y Regmi, 2017), por estas razones, se considera a la CCPM un candidato adecuado para la generación de energía, ya que produce un bajo impacto ambiental negativo (Acosta-Coll et al., 2019) pues utiliza plantas que asimilan el CO₂ atmosférico contribuyendo a la disminución del calentamiento global. Sin embargo, el mayor desafío está relacionado al suministro continuo de materia orgánica para sostener largas operaciones.

A nivel mundial, la aplicación de la tecnología CCPM se ha desarrollado en lugares como Países Bajos (Plant-e, 2020) y España (Martínez, 2018). En relación al Perú, los principales casos de aplicación le corresponden a "Alinti" incubada en la Universidad ESAN (*Alinti*, s.f.) y "Planta Lámpara" (Universidad de Ingeniería y Tecnología (UTEC), 2015). El común denominador de ambas tecnologías prototipo nacionales, ha sido su aplicación directa a atender necesidades básicas de la población rural con la finalidad de mejorar la calidad

de vida de las familias a través de energía limpia y sostenible. Sin embargo, de acuerdo a los datos del Instituto Nacional de Estadísticas e Informática (INEI) el 6.2% de las áreas rurales aún no cuenta con acceso a la energía eléctrica.

Desde el año 2008 se han realizado diversas investigaciones para mejorar la potencia eléctrica y densidad de potencia eléctrica obtenida de las CCPM, como lo hicieron Ueoka et al. (2016) agregando catalizadores de platino en el cátodo y evaluando el rendimiento de la CCPM al modificar los tamaños de los electrodos con plantas de arroz (*Oryza sativa*). Asimismo, una investigación realizada en Filipinas por Pamintuan et al. (2020), señaló que con la especie *Vigna unguiculata ssp. sesquipedalis* (judía verde) el valor de potencia eléctrica al apilar 9 celdas en conexiones en serie fue 1.37 μW , mientras que el valor de densidad de potencia eléctrica registraron fue 1.57 mW/m^2 en tres celdas conectadas en serie con cultivos de *Ocimum basilicum* (albahaca) y *Origanum vulgare* (orégano).

La selección del material de los electrodos constituye uno de los factores claves para mejorar la eficiencia y funcionalidad de los CCPM, es así, que se han empleado numerosos materiales como fieltro de carbono, grafito, carbón activado, etc., sin embargo, estos resultan ser muy costosos y debido a su naturaleza no renovable, necesitan procesos de fabricación que requieren grandes cantidades de energía, es decir generan una mayor huella de carbono (Huggins et al., 2014).

De igual modo, la selección de la planta es fundamental ya que brindará de forma continua material orgánico por medio de sus rizodepósitos al sistema CCPM, en esa línea, debido a sus características fisiológicas, morfológicas y ecológicas se eligió al cultivo *Fragaria spp*, la misma ha sido empleada en la investigación de Llana Aparicio (2020) desarrollado en Huaraz – Perú, obteniendo los mayores valores de voltaje promedio (0.66 voltios) en un sustrato conformado por turba + 30% humus + planta (fresa).

En este sentido, los sistemas CCPM son tecnologías atractivas como fuentes de energías renovables y sostenibles; sin embargo, los valores de potencia eléctrica y densidad de potencia eléctrica de salida obtenidos a la fecha continúan siendo muy bajos debiéndose investigar más sobre la configuración adecuada,

selección de materiales y planta para obtener niveles de energía eléctrica adecuados con la finalidad de utilizarla en nuestras actividades diarias.

1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

1.2.1 Problema general

¿El apilamiento de celdas de combustible planta microbiana (CCPM) cultivadas con la especie *Fragaria spp.* permite el incremento en la generación de bioelectricidad?

1.2.2 Problemas específicos

- ¿De qué manera varían los valores de las magnitudes eléctricas del apilamiento de las celdas de combustible planta microbiana (CCPM) cultivadas con la especie *Fragaria spp.* conectadas en serie durante la generación de bioelectricidad?
- ¿De qué manera varían los valores de las magnitudes eléctricas del apilamiento de las celdas de combustible planta microbiana (CCPM) cultivadas con la especie *Fragaria spp.* conectadas en paralelo durante la generación de bioelectricidad?
- ¿El desarrollo del cultivo *Fragaria spp.* se ve influenciado por el apilamiento de celdas de combustible planta microbiana (CCPM) durante la generación de bioelectricidad?

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 Objetivo General

Evaluar el rendimiento del apilamiento de celdas de combustible planta microbiana (CCPM) cultivadas con la especie *Fragaria spp.* para la generación de bioelectricidad.

1.3.2 Objetivos Específicos

- Determinar la variación en los valores de las magnitudes eléctricas del apilamiento de las celdas de combustible planta microbiana (CCPM)

cultivadas con la especie *Fragaria spp.* conectadas en serie durante la generación de bioelectricidad.

- Determinar la variación en los valores de las magnitudes eléctricas del apilamiento de las celdas de combustible planta microbiana (CCPM) cultivadas con la especie *Fragaria spp.* conectadas en paralelo durante la generación de bioelectricidad.
- Analizar las características morfológicas del cultivo *Fragaria spp.* en el apilamiento de celdas de combustibles planta microbiana (CCPM) durante la generación de bioelectricidad.

1.4 LIMITANTES DE LA INVESTIGACIÓN

1.4.1 Limitantes teóricas

Existen dos limitantes teóricas en la investigación, por un lado, la escasez de estudios realizados sobre el diseño de apilamiento de las CCPM a nivel nacional, es por ello, que se da prioridad a los artículos científicos y bibliografía internacional de tal manera que exista un soporte científico que permita el desarrollo de la investigación; asimismo la otra limitante está ligada a la limitada información sobre el uso del biocarbón o biochar como material anódico en sistemas de producción de energía eléctrica mediante las CCPM.

1.4.2 Limitantes temporales

La limitación temporal del proyecto estuvo determinada por los siguientes factores: i) el tiempo de concepción del proyecto de investigación el cual tuvo una duración de un (01) mes, ii) el periodo de ejecución del trabajo experimental el cual estuvo limitado por el tiempo de crecimiento y desarrollo de la especie *Fragaria spp.* (fresa), pues esta planta generalmente germina en 30 días, razón por la cual se consideró utilizar plantas en estado relativamente maduras (etapa reproductiva), de manera que permitió acortar el tiempo del trabajo experimental a dos (02) meses y finalmente iii) el tiempo de redacción del informe final que tuvo una duración de un (01) mes; resultando un total de cuatro (04) meses.

1.4.3 Limitantes espaciales

No se presentaron limitaciones espaciales debido a que el sistema de apilamiento de las CCPM no requirió de condiciones especializadas de laboratorio para su implementación (preparación, armado, construcción, control y mediciones) debido a que su funcionamiento depende del proceso de fotosíntesis; es decir que, solo se debe brindar los requerimientos que necesita la planta para su desarrollo, como la disponibilidad de luz solar, agua, y nutrientes del suelo; es por ello, que esta investigación se realizó en un invernadero implementado en el distrito de Comas, lugar que reúne las características para el desarrollo adecuado de la especie *Fragaria spp.*

II. MARCO TEÓRICO

2.1 ANTECEDENTES

2.1.1 Antecedentes Internacionales

Dado que la CCPM es una tecnología emergente, resulta necesaria la revisión previa de investigaciones que permitan mejorar su rendimiento y que den confiabilidad y validez a su argumento considerando su enfoque teórico y metodológico. En ese sentido, a continuación, se presentan los antecedentes internacionales que guardan relación con el propósito de esta investigación:

- ***Bioelectricity production of PMFC using Lobelia Queen Cardinalis in individual and shared soil configurations***
- ***Traducción: Producción de bioelectricidad de PMFC utilizando Lobelia Queen Cardinalis en configuraciones de suelo individual y compartido***

Bataillou et al., (2022) evaluaron el comportamiento de apilamiento de las CCPM utilizando *Lobelia Queen Cardinalis* en configuraciones de celdas individuales y compartidas. Construyeron diez (10) CCPM de una sola cámara con una maceta cónica de plástico de 3,5 L como recipiente base, de las cuales 4 celdas eran independientes y se apilaron los 6 restantes en dos grupos de 3 celdas individuales juntas con 3 plantas en cada grupo. Los electrodos se fabricaron con fieltro de carbono y se utilizaron colectores de alambre de acero inoxidable. La corriente máxima obtenida en las conexiones en paralelo alcanzó un valor de 0.92 mA, valor que fue alcanzado también por las CCPM individuales y las compartidas en una misma maceta, sin mostrar diferencias significativas entre ambas configuraciones. Los valores del voltaje en el apilamiento en serie con una CCPM compartida resultaron más bajos en comparación a una CCPM individual apilada, sin embargo, aumentó el valor de la resistencia interna de la CCPM individual apilada.

El estudio previo tiene importancia para el desarrollo de esta investigación pues demostró que el apilamiento de CCPM conectadas en paralelo tanto en celdas individuales como compartidas, evitan la inversión de la tensión o voltaje del

sistema, aunque los valores siguen resultando bajos; estos datos nos sirven de base para determinar de qué forma se deben distribuir las CCPM con la finalidad de evitar pérdidas de voltaje.

- ***Stacking efficiency of terrestrial Plant-Microbial Fuel Cells growing Ocimum basilicum and Origanum vulgare.***
- ***Traducción: Eficiencia de apilamiento de pilas de combustible terrestres de origen vegetal y microbiano que cultivan Ocimum basilicum y Origanum vulgare.***

Pamintuan, Ancheta, et al. (2020) determinaron la eficiencia del apilamiento de una CCPM cultivada con dos tipos de plantas: *Ocimum basilicum* (albahaca) y *Origanum vulgare* (orégano) y el efecto de las disposiciones en serie y en paralelo sobre la densidad de potencia. Las dimensiones de las celdas fueron de 6 pulg x 6 pulg x 12 pulg (longitud x ancho x altura) construidas con material de policarbonato de pared doble. Se utilizaron varillas de grafito como electrodos y una tela de algodón como membrana de intercambio iónico. Las especies *Ocimum basilicum* y *Origanum vulgare* fueron evaluadas en las CCPM y se distribuyeron en una cuadrícula de 3 x 3 para facilitar su apilamiento. Se realizaron mediciones de voltaje para las celdas individuales, para 3 celdas conectadas en serie, para 3 celdas conectadas en paralelo, y para 9 celdas conectadas en serie y en paralelo. El tiempo de evaluación fue de 30 días. El valor del voltaje medido en las celdas cultivadas con la especie *O. basilicum* resultó ser significativamente más alto que el voltaje medido en las celdas cultivadas con la especie *O. vulgare*, debido a que la primera aún se encontraba en su etapa de desarrollo foliar mientras que *O. vulgare* estaba relativamente en su estado de madurez. Las magnitudes eléctricas de potencial eléctrico y la densidad de potencia eléctrica aumentaron continuamente a medida que se conectaban más celdas en serie alcanzando un valor máximo de 0.132 mW/m² para una celda individual frente a un valor de 1.57 mW/m² para tres celdas conectadas en serie. No existieron diferencias significativas entre las lecturas de voltaje reales y las esperadas de todos los estudios de combinaciones de apilamiento, asimismo, el apilamiento de celdas conectadas en serie o en

paralelo no mostró ninguna pérdida de potencial; sin embargo, la conexión de más de 9 celdas puede inducir a inversiones de voltaje.

Este antecedente brinda soporte a la investigación planteada pues lo autores señalan que la configuración de apilamiento de las CCPM mediante la conexión en serie aumenta la eficiencia del sistema mejorando los resultados de potencia eléctrica y densidad de potencia eléctrica en comparación con el arreglo de CCPM individuales; sin embargo, también indican que existe un límite máximo de celdas conectadas que puede inducir a inversiones de voltaje.

- ***An analysis of the stacking potential and efficiency of plant-microbial fuel cells growing green beans (*Vigna unguiculata ssp. sesquipedalis*)***
- ***Traducción: Un análisis del potencial de apilamiento y la eficiencia de las pilas de combustible vegetales-microbianas que cultivan judías verdes (*Vigna unguiculata ssp. sesquipedalis*)***

Kristopher Ray S. Pamintuan, Katipunan, et al. (2020) evaluaron el comportamiento de apilamiento de celdas de combustible planta microbiana (CCPM) cultivadas con la especie *Vigna unguiculata ssp. sesquipedalis* (judía verde), usando configuraciones mixtas de apilamiento mediante conexiones en serie, paralelo y sus combinaciones entre ellas. El diseño de la celda de combustible consideró como material de construcción al plástico de doble pared de policarbonato. Se utilizaron electrodos de acero inoxidable y fieltro de carbono cultivando judías verdes para su apilamiento y una capa de algodón que actuó como membrana de intercambio iónico. Las configuraciones de las celdas fueron las siguientes: celdas individuales, 3 celdas apiladas en serie (3S), 3 celdas apiladas en paralelo (3P), 9 celdas apiladas en serie (9S) y 9 celdas apiladas en paralelo (9P), adicionalmente, se realizaron combinaciones mixtas de apilamiento en serie y paralelo: 3 conjuntos de 3 celdas en serie apiladas en paralelo (3S-P) y 3 juegos de 3 celdas en paralelo apiladas en serie (3P-S). El voltaje se midió durante 50 días. A modo de conclusión, los resultados del apilamiento demostraron que demasiadas celdas conectadas en serie provocan pérdidas de tensión o voltaje, mientras que el apilamiento en paralelo conservó la tensión entre las celdas sin aumentarla. Por lo tanto, al realizar un apilamiento

acumulativo de celdas de 1 a 3 a 9, el apilamiento en serie dio lugar a un aumento de la potencia eléctrica ($0.39 \mu\text{W} < 1.00 \mu\text{W} < 1.37 \mu\text{W}$), sin embargo, como la superficie anódica aumenta más rápido que el aumento de la potencia, la tendencia de la densidad de potencia es decreciente ($149.45 \mu\text{W}/\text{m}^2 > 129.28 \mu\text{W}/\text{m}^2 > 59.00 \mu\text{W}/\text{m}^2$).

Este antecedente demostró que las etapas de desarrollo de las plantas influyen en el sistema CCPM; en tal sentido, la etapa vegetativa mostró un mayor suministro de materia orgánica lo que indica que las CCPM podrían generar una mayor cantidad de voltaje o corriente eléctrica durante esta etapa pues los microorganismos tienen a disposición una cantidad mayor de rizodepósitos para metabolizar. Por otro lado, es importante tener en consideración a efectos de esta investigación, que el porcentaje de los valores reales obtenidos respecto a los valores teóricos al realizar combinaciones entre conexiones de serie y paralelo son bajos debido a la inversión del voltaje; asimismo, la configuración de 3 conjuntos de 3 celdas en serie apiladas en paralelo puede amplificar la potencia sin disminuir la densidad de potencia.

- ***Stacking of aquatic plant-microbial fuel cells growing water spinach (Ipomoea aquatica) and water lettuce (Pistia stratiotes).***
- ***Apilamiento de pilas de combustible microbianas de plantas acuáticas que cultivan espinacas de agua (Ipomoea aquatica) y lechuga de agua (Pistia stratiotes).***

Pamintuan et al. (2018), determinaron la producción de energía de *I. aquatica* y *P. stratiotes* en diseños apilados separados de conjuntos híbridos (acuáticos/terrestres) de celdas de combustible planta microbianas (CCPM), además, evaluaron el efecto en la generación de energía al apilar múltiples CCPM. El ensamblaje principal de la CCPM era de vidrio y estaba diseñado para 9 celdas individuales, también se utilizaron dos barras de grafito como electrodos (ánodo y cátodo). Cada CCPM estaba equipada con un separador de tela de algodón de malla fina, con dimensiones similares a su sección transversal. El experimento duró 7 días, debido a que las especies tienen ciclos de crecimiento rápido. Se midió el voltaje, intensidad de corriente, potencia eléctrica y densidad

de potencia eléctrica en cada ensayo. Los resultados obtenidos para los conjuntos de CCPM acuáticos en densidades de potencia máximas fueron de 6.35 mW/m² en el caso de *I. aquatica* y de 3.54 mW/m² para la *P. stratiotes*. No se observó ninguna diferencia significativa en el voltaje entre las dos plantas, aunque la corriente y la potencia de salida de *I. aquatica* fueron significativamente mayores que las de *P. stratiotes*.

Este estudio previo es útil para la investigación porque señala que el apilamiento de celdas individuales conectadas en serie y en paralelo da como resultado un voltaje aditivo con corriente constante y voltaje constante con corriente aditiva, respectivamente. El uso de plantas acuáticas de crecimiento rápido aumenta la liberación de la biomasa, es decir, que las plantas con ciclos de desarrollo cortos agilizan la generación de electricidad.

- ***Sizes of Anode and Cathode Affect Electricity Generation in Rice Paddy-Field Microbial Fuel Cells***
- ***Los tamaños del ánodo y del cátodo afectan a la generación de electricidad en las pilas de combustible microbianas de los arrozales***

Ueoka et al. (2016) evaluaron la influencia de los tamaños de los electrodos en el rendimiento de generación de electricidad en cuatro tipos de pilas de combustible microbianas de los arrozales (RPF -MFC). El ánodo estaba hecho de fieltro de grafito y para el cátodo se utilizó platino. Los tipos de las Celdas de Combustible Microbianas de los Arrozales (en adelante, las "CCMAs") se establecieron en base al área de los electrodos considerando 4 combinaciones: SE: ánodo: 50 cm² - cátodo: 50 cm²; LE: ánodo: 424 cm² - cátodo: 424 cm²; AL: ánodo: 50 cm² - cátodo: 424 cm² y CL: ánodo: 424 cm² - cátodo: 50 cm². Cada tipo de CCMAs tenía cinco réplicas. Los electrodos fueron circulares, y cada uno tenía un único agujero (10 cm de diámetro) en el centro para la siembra de plantas de arroz. El estudio operó las CCMAs con diferentes tamaños de ánodos y cátodos, y examinó cómo los tamaños de los electrodos afectaban a la generación de electricidad, además compararon sus índices de potencia (valores P_{max} y Q_{max}). Se comprobó que la combinación LE generaba mayor potencia que la SE; sin embargo, las densidades de potencia de la LE fueron menores

que las de la SE, probablemente porque se suministraron más sustancias orgánicas desde las raíces del arroz a las zonas anódicas cercanas a las plantas de arroz que a las lejanas. Estos datos indican que el rendimiento del ánodo aumenta durante el funcionamiento de la CCMA, mientras que el rendimiento del cátodo disminuye. Es probable que la mejora del ánodo y el deterioro del cátodo afectaron de forma similar a los valores de P_{max} en los sistemas SE y LE, dando lugar a los valores relativamente estables de P_{max} .

En ese sentido, este antecedente es provechoso para la investigación pues demuestra que la relación de tamaño de los electrodos constituye un factor limitante para el diseño de las celdas de combustible planta microbiana, por tanto, debemos tener en consideración que la superficie del ánodo debe ser menor o igual al cátodo para evitar las inversiones de voltaje.

2.1.2 Antecedentes Nacionales

En relación, a las investigaciones nacionales se ha evidenciado que hay un escaso desarrollo del tema pues se trata de una nueva forma de generar energía eléctrica a partir de fuentes renovables.

- *Variaciones en los factores fotosintéticos de *Nephrolepis exaltata* *Bostoniensis* para la generación de bioelectricidad en una celda de combustible planta microbiana (PMFC), Lima -2020*

La investigación tuvo como objetivo central evaluar la influencia de las variaciones en los factores fotosintéticos de la especie *Nephrolepis exaltata Bostoniensis* para la generación de bioelectricidad en una celda de combustible planta microbiana (en adelante, las "PMFC"). Los componentes principales de las PMFC utilizados para la construcción de las mismas, fueron los siguientes: como electrodos (ánodo y cátodo) se empleó fibra de carbono en forma rectangular con un espesor de 3 mm y como sustrato se utilizó tierra sola y tierra con compost, además se consideraron tres tipos de riegos para cada grupo experimental los cuales fueron: riego una vez por semana, riego una vez al día y riego dos veces al día. Todas las PMFC se sometieron a factores naturales como la temperatura ambiente y ritmo circadiano medido en horas. Se

construyeron en total 18 PMFC de las cuales nueve (09) contenían como sustrato tierra sola y los nueve restantes tuvieron tierra más compost, de esta manera se observó y midió el voltaje generado por cada planta y por consiguiente su densidad de potencia eléctrica. Las PMFC de tierra sola mostraron valores elevados de voltaje en riego dos veces al día con 32 mV, un promedio de 20.3 mV total de voltaje generado en tierra sola a diferencia de las PMFC de tierra más compost con 66.1 mV y 246.2 mV en riego dos veces al día, para las horas de luz y oscuridad los picos de voltaje fueron a las 6 a.m. y 6 p.m. en la mayoría de los casos ya que la PMFC de tierra sola fue de 28.4 mV y 27.5 mV, respectivamente, mientras que para la PMFC con compost 151.1 mV y 107.8 mV a las 6 a.m. y 6 p.m. respectivamente. Finalmente, la temperatura óptima con picos de voltaje fue de 17 ° C a 24 ° C, en las PMFC de tierra sola con 28.4 mV y 148.2 mV en las PMFC de tierra más compost. La autora concluye que los factores fotosintéticos influyen directamente en la generación de bioelectricidad pues identificó marcados rangos de diferencia entre los resultados de acuerdo a cada factor, con valores óptimos a mayor cantidad de agua, menor temperatura, aplicación de compost y horas nocturnas (Huamán Mogollón, 2020).

En ese sentido, la investigación señala que la aplicación de compost (disponibilidad de material orgánico) y diferentes tipos de riego (disponibilidad de agua) influyen de forma favorable aumentando la cantidad de voltaje y densidad de potencia eléctrica generada en cada celda, asimismo, indica que la temperatura y el horario también tienen repercusión sobre estos valores pues identificó que en las noches las cantidades de energía son ligeramente mayores a las horas diurnas.

- ***Evaluación de las celdas de combustible planta-microbiana en la generación de energía eléctrica para iluminar una habitación de una vivienda rural.***

Esta investigación desarrollada en la Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo tuvo como objetivo evaluar la capacidad de generación de energía eléctrica en celdas de combustible planta microbiana (CCPM) sembradas con cultivos de fresa en diferentes tipos de sustratos (suelo franco arenoso, suelo

franco arcillo arenoso y turba) con la adición de humus en diferentes porcentajes (0%, 10%, 20% y 30%), para iluminar una habitación de vivienda rural.

El diseño de las celdas comprendió electrodos de grafito (ánodo) y malla de acero galvanizado (cátodo). La propuesta tiene diferentes tipos de suelos, utilizando como electrodos, la malla de grafito y malla de acero más los porcentajes de humus (0%,10%, 20%, 30%) y la planta (fresa) en cada unidad experimental CCPM. La muestra estuvo constituida por 9 para unidades convencionales, 9 para unidades con 10% humus, 9 para unidades con 20% humus, 9 para unidades con 30% humus, haciendo un total de 36 unidades experimentales. Se midió el voltaje con un multímetro durante 6 meses, los parámetros considerados para la evaluación fueron: voltaje con Multímetro y los datos de temperatura, humedad relativa y precipitación se obtuvieron de la plataforma Prediction of Worldwide Energy Resources administrado por la National Aeronautics and Space Administration (NASA). El mayor valor de voltaje obtenido en promedio fue de 0.66 V con la combinación turba + 30% humus + planta (fresa), debido al contenido de microorganismos que proporciona el humus al sustrato y a la planta. En base a estos resultados, se estimó que la cantidad total de las CCPM fueron de 125 unidades experimentales del tratamiento turba + 30% humus + planta (fresa) para iluminar una habitación de vivienda rural de dimensiones de 4 x 3 x 2.5 m que utiliza 25 focos LEDs. (Llana Aparicio, 2020)

Según esta investigación la fresa resulta ser una planta adecuada porque se adapta de forma favorable al sistema de celdas de combustible planta microbiana, también tolera amplios rangos de temperatura; asimismo, el sustrato cumple un papel importante en las CCPM debido a que proporciona una mayor cantidad de microorganismos y favorece la retención de humedad para su desarrollo; por estas razones las CCPM pueden aplicarse en distintas zonas viabilizando la ejecución de esta investigación.

- ***Evaluación de la celda de combustible planta microbiana (CCPM) y las condiciones de su entorno en la generación de energía eléctrica***

Finalmente, esta investigación realizada en la Universidad Nacional Agraria La Molina (UNALM) evaluó la capacidad de generación de energía eléctrica y las condiciones de su entorno en las celdas de combustible planta microbiana cultivadas con la especie *Zea mays L.* (maíz). Se construyeron en total 12 muestras, 6 para la evaluación horaria de la generación eléctrica y 6 muestras para la evaluación de las condiciones del entorno, en un periodo de 46 días. Como ánodo se utilizó un bloque de grafito y como cátodo se utilizó una alcayata de acero. En cada muestra se evaluó el comportamiento de la generación eléctrica mediante la medición manual de las siguientes magnitudes eléctricas: voltaje en circuito abierto (VCA), voltaje e intensidad de corriente eléctrica en circuito cerrado e intensidad de corriente eléctrica de corto circuito ante las condiciones del entorno (temperatura del medio, temperatura del ambiente y radiación solar). Se determinó que existió una mejor capacidad de generación de energía eléctrica en las CCPM medidas en circuito abierto mostrando valores de potencia eléctrica de 0.059 mW y una densidad de potencia eléctrica de 29.77 mW/m², además la lectura de los parámetros del entorno influyó en el rendimiento de los sistemas demostrando que la exposición de manera prolongada a los periodos de radiación solar genera mayores valores de voltaje y potencia. Se concluye que las características físico químicas del suelo no tuvieron cambios notables al finalizar la experimentación, es decir no fueron alteradas por el desarrollo de las CCPM, adicionalmente demostró ser un sustrato adecuado para la generación de electricidad (Ramos Pérez Egaña, 2019).

Lo descrito anteriormente contribuye a esta investigación pues según la autora los parámetros del entorno como la radiación solar, generan cambios en los valores de voltaje y potencia eléctrica, debido a que al medio día (12:00 horas) existe una mayor radiación solar prolongada, por lo tanto, una mayor fotosíntesis generando valores óptimos corriente eléctrica. El uso de la alcayata de acero como cátodo resulta ser un material de fácil acceso y bajo costo, además de brindar buenos resultados para la generación de electricidad.

2.2 BASES TEÓRICAS

2.2.1 Marco Normativo

La presente sección se elaboró de acuerdo a las principales normas de protección ambiental internacionales y nacionales aplicables al tema de investigación.

A. Internacional

En el año 2015 las Naciones Unidas (ONU) adoptaron los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), como un llamado universal a la acción para poner fin a la pobreza, proteger el planeta y garantizar que para el 2030 todas las personas disfruten de paz y prosperidad (Naciones Unidas, 2015). En esa línea, nuestra investigación se enmarca dentro del Objetivo No. 7: Energía Asequible y no Contaminantes, que busca garantizar el acceso a una energía asequible, segura, sostenible y moderna. A continuación, detallamos las metas trazadas por la ONU, respecto al Objetivo No. 7:

1. De aquí al 2030, garantizar el acceso universal a servicios energéticos asequibles, fiables y modernos.
2. De aquí al 2030, aumentar considerablemente la proporción de energía renovable en el conjunto de fuentes energéticas.
3. De aquí al 2030, duplicar la tasa mundial de mejora de la eficiencia energética.
4. De aquí al 2030, aumentar la cooperación internacional para facilitar el acceso a la investigación y la tecnología relativas a la energía limpia, incluidas las fuentes renovables, la eficiencia energética y las tecnologías avanzadas y menos contaminantes de combustibles fósiles, y promover la inversión en infraestructura energética y tecnologías limpias.
5. De aquí a 2030, ampliar la infraestructura y mejorar la tecnología para prestar servicios energéticos modernos y sostenibles para todos en los países en desarrollo, en particular los países menos adelantados, los pequeños Estados insulares en desarrollo y los países en desarrollo sin litoral, en consonancia con sus respectivos programas de apoyo.

En ese sentido, las metas planteadas para alcanzar el Objetivo No. 7 están relacionadas con la promoción de los servicios energéticos modernos a base de fuentes renovables, es decir energía limpia y sostenible lo cual se vincula directamente con el tema de investigación planteado pues las celdas de combustible planta microbiana son tecnologías emergentes de bajo costo y bajo impacto ambiental que generan energía eléctrica verde.

B. Nacional

Se considera en principio a la norma legal de mayor jerarquía del país denominada Constitución Política del Perú de 1993 (en adelante, “La Constitución”), la cual establece en su artículo 2º: Derechos fundamentales de la persona, inciso 22, lo siguiente:

“Artículo 2º: A la paz, a la tranquilidad, al disfrute del tiempo libre y al descanso, así como a gozar de un ambiente equilibrado y adecuado al desarrollo de su vida.”

La Constitución, señala también en sus artículos 66º al 69º que los recursos naturales renovables y no renovables son Patrimonio de la Nación y que el Estado es soberano en su aprovechamiento, promoviendo el uso sostenible de los mismos (Constitución Política del Perú de 1993, 1993).

Por otro lado, la Política Nacional del Ambiente (en adelante, la “Política Primigenia”) fue creada en mayo de 2009, mediante Decreto Supremo No. 012-2009-MINAM, con la finalidad de mejorar la calidad de vida de las personas, garantizando la existencia de ecosistemas saludables, viables, y funcionales en el largo plazo; y el desarrollo sostenible del país, mediante la prevención, protección y recuperación del ambiente y sus componentes, la conservación y el aprovechamiento sostenible de los recursos naturales, de una manera responsable y congruente con el respeto de los derechos fundamentales de la persona establecidos en La Constitución (Decreto Supremo No. 012-2009 Política Nacional Del Ambiente, 2009). Posteriormente, en julio de 2021 mediante Decreto Supremo No. 023-2021-MINAM se aprobó la Política Nacional del Ambiente al 2030 (en adelante, la “PNA 2030”), la cual derogó a la Política

Primigenia; en ese sentido la PNA 2030 tiene como objetivo que el Perú disminuya la fragilidad de sus ecosistemas, conserve su biodiversidad y recupere los servicios ecosistémicos al 2030, también plantea lograr al 2030 una reducción de la vulnerabilidad al cambio climático, la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero y una mejora de la ecoeficiencia de la producción de bienes y servicios, públicos y privados, para pasar a una economía circular, que aproveche al máximo los recursos. Asimismo, para alcanzar esta meta la PNA 2030 ha establecido nueve (09) objetivos prioritarios de atención y sus indicadores (Decreto Supremo No. 023-2021-MINAM, 2021 y Política Nacional del Ambiente al 2030, 2021).

A continuación, presentamos en la siguiente tabla el objetivo prioritario e indicador relacionado con nuestro tema de investigación:

Tabla 1

Objetivos prioritarios y lineamientos de la Política Nacional del Ambiente

Objetivo Prioritario	Indicadores de OP con fichas	Lineamientos
Mejorar el desempeño ambiental de las cadenas productivas y de consumo de bienes y servicios aplicando la economía circular	OP7.11 Porcentaje de energía renovables en la matriz eléctrica nacional	<ol style="list-style-type: none"> 1. Generar las condiciones en las entidades públicas y privadas para el tránsito hacia una economía circular 2. Incrementar la participación de las energías renovables en la matriz energética 3. Mejorar la sostenibilidad de los bionegocios y eco negocios desarrollados por las Comunidades nativas, comunidades campesinas, y otras localidades de pueblos indígenas u originarios y población local. 4. Mejorar la ecoeficiencia en la producción de bienes y la provisión de servicios públicos y privados. 5. Mejorar la eficiencia en la cadena de producción y de uso de la energía.

Nota. Información tomada de la Política Nacional del Ambiente aprobada mediante Decreto Supremo No. 023-2021-MINAM

En mayo de 2008 se aprobó el Decreto Legislativo No. 1002 (en adelante, “DL No. 1002”), Decreto Legislativo de promoción de la inversión para la generación de electricidad con el uso de energías renovables, el cual tiene como finalidad

promover el aprovechamiento de los Recursos Energéticos Renovables (RER) para mejorar la calidad de vida de la población y proteger el medio ambiente, mediante la inversión en la producción de electricidad. En ese sentido, según el artículo 3° del DL No. 1002, se define como Recursos Energéticos Renovable (RER) a los recursos energéticos tales como biomasa, eólico, solar, geotérmico y mareomotriz; asimismo, señala que es de interés nacional y de necesidad pública el desarrollo de nueva generación eléctrica mediante el uso de RER. Asimismo, en el artículo 10: Investigación sobre energías renovables, se establece lo siguiente:

“Artículo 10°: El Consejo Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación Tecnológica (CONCYTEC), en coordinación con el Ministerio de Energía y Minas y los Gobiernos Regionales, implementará los mecanismos y acciones correspondientes para el desarrollo de proyectos de investigación sobre energías renovables, promoviendo la participación de universidades, instituciones técnicas y organizaciones de desarrollo especializadas en la materia.”

También es importante mencionar que en la primera disposición final de la Ley No. 28749, Ley general de electrificación rural, se manifiesta que en el desarrollo de los proyectos de electrificación rural, así como su empleo para el desarrollo sostenible en las zonas rurales, localidades se debe dar prioridad al aprovechamiento y desarrollo de los recursos energéticos renovables de origen solar, eólico, geotérmico, hidráulico y biomasa existentes en el territorio nacional aisladas y de frontera del país (Ley No. 28749, 2006).

Asimismo, en la Política Energética del Perú 2010-2040, aprobada mediante Decreto Supremo No. 064-2010-EM con fecha 24 de noviembre de 2010, establece dentro de sus objetivos lo siguiente:

1. Contar con una matriz energética diversificada, con énfasis en las fuentes renovables y la eficiencia energética
2. Contar con un abastecimiento energético competitivo
3. Acceso universal al suministro energético

4. Contar con la mayor eficiencia en la cadena productiva y de uso de la energía
5. Lograr la autosuficiencia en la producción de energéticos
6. Desarrollar un sector energético con mínimo impacto ambiental y bajas emisiones de carbono en un marco de Desarrollo Sostenible
7. Desarrollar la industria del gas natural, y su uso en actividades domiciliarias, transporte, comercio e industria, así como la generación eléctrica eficiente
8. Fortalecer la institucionalidad del sector energético
9. Integrarse con los mercados energéticos de la región, que permita el logro de la visión de largo plazo

Según el Plan Energético Nacional 2014-2025 se espera que en la siguiente década, la producción de energía eléctrica provendrá en mayor proporción, de la hidroelectricidad, incrementándose también la **participación de fuentes renovables no convencionales** a través de subastas y en función a los costos competitivos de las tecnologías más eficientes (Plan Energético Nacional 2014-2025, 2015).

Por todo lo expuesto, es importante resaltar que el Perú ha encontrado en la energía limpia o renovable una de sus mejores herramientas para impulsar el desarrollo sostenible y la integración regional. En base a esto, el sector energético continuará promoviendo la inclusión social y el crecimiento económico durante la próxima década. Asimismo, el fomento de la energía renovable implicaría la diversificación de la matriz energética del Perú, por tanto, la implementación de la tecnología celdas de combustibles plantas microbianas en zonas rurales o urbanas, permitiría la obtención de energía eléctrica (bioelectricidad) y cultivos, a partir de la biomasa, representando así una propuesta interesante de bajo impacto ambiental.

2.2.2 Generación de bioelectricidad o bioelectrogénesis

En principio, para comprender el concepto de bioelectricidad o bioelectrogénesis resulta necesario entender que es bioenergía, y es que esta es la energía obtenida de la biomasa, de acuerdo a lo indicado por Thran (2015) la biomasa

es una fuente de carbono renovable que utiliza el proceso de la fotosíntesis para generar hidrocarburos. En ese sentido, según Hernández Gómez y Sánchez Olvera (2017) la bioelectrogénesis también conocida como bioelectricidad, se refiere al proceso mediante el cual las bacterias electrogénicas generan electricidad (liberación de electrones) a partir de sus procesos metabólicos como la respiración, es decir, la bioelectrogénesis es una técnica que utiliza procesos biológicos para generar electricidad, esta se encuentra presente en organismos vivos como la anguila eléctrica y muchas especies bacterianas del suelo que a través de la respiración celular producen electrones. Se puede aprovechar este flujo de electrones (corriente eléctrica) mediante la construcción de una pila o celda de combustible microbiana (CCM) que consiste en el acoplamiento de electrodos para completar un circuito eléctrico y así alimentar un dispositivo (Ash et al., 2018).

Según Gilani et al. (2016) las celdas de combustible microbianas operan como biocatalizadores y generan electricidad utilizando microorganismos, así la energía bioquímica del sustrato puede convertirse en bioelectricidad.

Para efectos de esta investigación, se consideró los conceptos antes mencionados pues indican que la bioelectricidad es un proceso mediante el cual ciertos organismos y microorganismos liberan electrones a partir de sus procesos metabólicos generando una corriente eléctrica que se puede aprovechar a través de un sistema de celdas de combustible microbiana (CCM); en ese sentido, la corriente eléctrica es el sujeto de medición.

Al respecto, a continuación, se define el concepto de corriente eléctrica y sus características:

A. Corriente eléctrica

La corriente eléctrica es un movimiento uniforme de cargas libres generalmente electrones, a través de un material conductor en un circuito eléctrico. Los parámetros básicos que permiten cuantificar esta forma de energía son: la tensión o voltaje (que se mide en voltios, V), la corriente o intensidad eléctrica (que se mide en amperios, A), la potencia eléctrica (que se mide en vatios, W) y

la energía eléctrica producida/consumida (que se mide en vatios-hora, Wh) (Energía y Sociedad, 2022)

Según Logan (2008a) para que las CCM sean útiles como método para generar energía, es esencial optimizar el sistema a través de la potencia eléctrica. Asimismo, según Bagchi y Behera (2019) la potencia eléctrica que genera una CCM se calcula como el producto de la tensión o voltaje por la intensidad de corriente eléctrica, tal como se muestra en la Ecuación 1:

$$P = I * V \quad (1)$$

Dónde:

P : Potencia eléctrica (Watts)

I : Intensidad de corriente eléctrica (Amperios)

V : Voltaje (Voltios)

Sin embargo, conocer la cantidad de energía generada por la CCM no es suficiente para determinar la eficiencia generada por el sistema de celdas de combustible, ya que la cantidad de área superficial disponible en el ánodo para los microorganismos puede afectar la cantidad de energía generada, en ese sentido, se suele normalizar la generación eléctrica por el área superficial del ánodo, lo que se conoce como densidad de potencia eléctrica. Este indicador sirve para comparar los materiales utilizados en el ánodo ayudando a determinar los materiales superiores para la construcción de CCM (Logan, 2008a).

Por otro lado, Bagchi y Behera (2019) también señalan que la representación más deseable de la potencia eléctrica de una CCM es sobre la base volumétrica o superficie del electrodo, lo que se denomina “densidad de potencia eléctrica”.

A continuación, definimos la potencia eléctrica y densidad de potencia eléctrica, magnitudes eléctricas que caracterizan la generación de energía en una CCM:

- **Potencia eléctrica:** se define como “la tasa a la que la energía (U) se transforma o se transfiere en el tiempo. Se mide en unidades de joules/segundo (J/s), también conocida como watts (W)” (Valdez y Del Valle, s.f.).

- **Densidad de potencia eléctrica:** es “la potencia por unidad de área, usualmente expresada en unidades de watts por metro cuadrado (W/m^2) o miliwatts por centímetro cuadrado (mW/cm^2)” (Valdez y Del Valle, s.f.).

En consecuencia, las definiciones antes mencionadas sirven de base a la investigación pues ayudan a determinar cuáles son los indicadores fundamentales que caracterizan la generación de bioelectricidad en una celda de combustible microbiana.

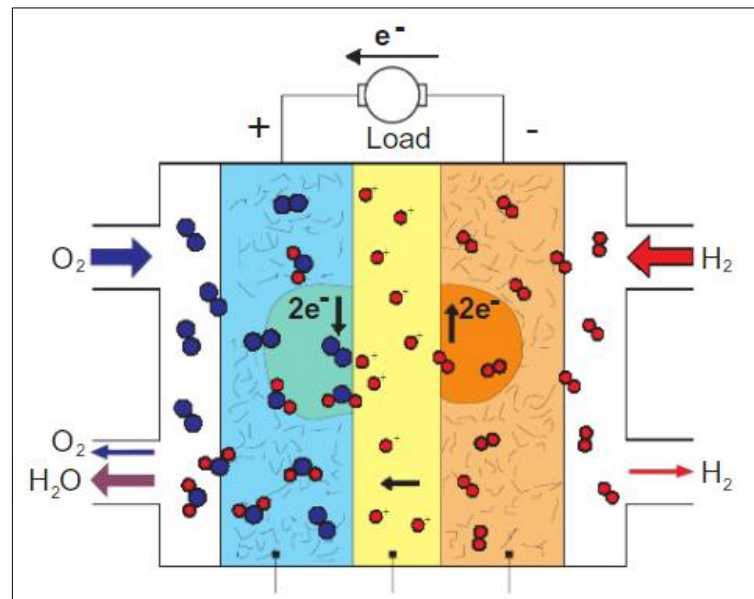
2.2.3 Celdas de combustible

Las celdas de combustibles son dispositivos electroquímicos que transforman la energía de una reacción química en energía eléctrica, tal es el caso de las celdas galvánicas o celdas voltaicas, que operan de manera espontánea, es decir producen energía en forma de trabajo eléctrico a partir de una reacción de oxidación - reducción debido a que los reactivos se encuentran en un nivel energético mayor que los productos (Rincón Castrillo et al., 2018). Estos dispositivos usualmente están conformados por dos compartimentos, anaeróbico y aeróbico que se encuentran separados por una membrana de intercambio iónico, además cada compartimento contiene un electrodo (ánodo y cátodo).

En la siguiente figura se presenta un esquema de la celda de combustible.

Figura 1

Esquema de la celda de combustible de hidrógeno/oxígeno



Cátodo Electrolito Ánodo

Nota. Información tomada de Carrette et al. (2001)

Por consiguiente, entender el principio de funcionamiento de las celdas de combustible es el primer paso para demostrar la factibilidad de la producción de energía a partir de reacciones químicas; en tal sentido, las celdas de combustible son dispositivos electroquímicos que presentan diferentes clasificaciones dado que utilizan diversas fuentes de energía (Rincón Castrillo et al., 2018).

Por tanto, para efectos de esta investigación nos centraremos en las celdas de combustible planta microbiana, la cual deriva de la celda de combustible microbiana.

A. Celdas de combustible microbiana (CCM)

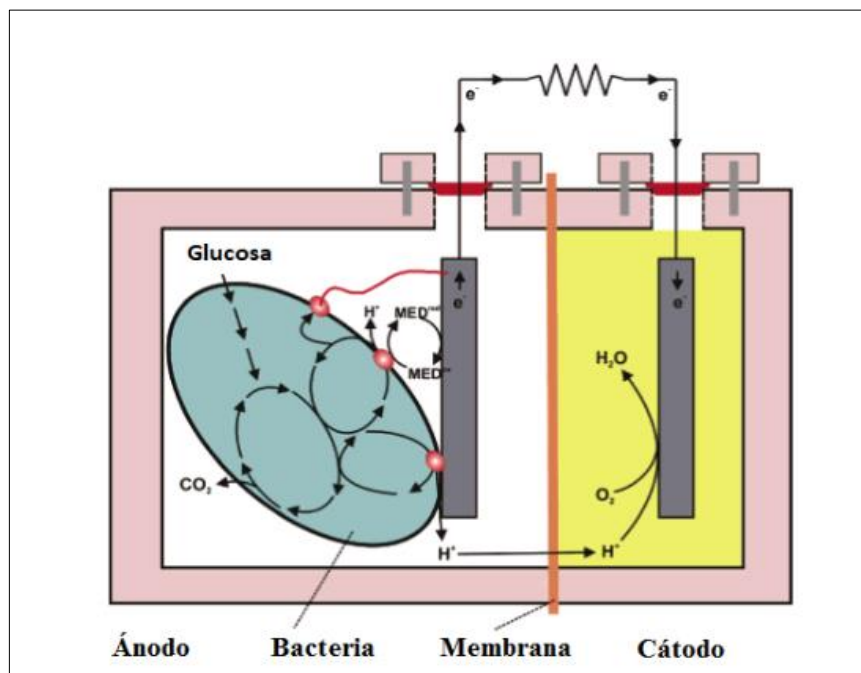
El desarrollo de las celdas de combustible microbiana se basa en el descubrimiento de las bacterias electroquímicamente activas en 1911 por M.C. Potter (Potter y B, 1911) las cuales tienen la capacidad de producir corriente eléctrica a partir de la oxidación de materia orgánica e inorgánica (Timmers, 2012).

En ese sentido, una celda de combustible microbiana es aquel dispositivo que aprovecha la actividad metabólica de algunos microorganismos, para convertir la energía química producto de esta actividad en energía eléctrica, es decir, que bajo ciertas condiciones algunos microorganismos son capaces de transferir los electrones generados durante el proceso de metabolismo hacia un electrodo (ánodo) (Revelo et al., 2013). Asimismo, según Maddalwar et al. (2021) las CCM producen energía eléctrica a través de las acciones metabólicas de microbios electroquímicamente activos. Las pilas o celdas de combustible microbiana convencionales utilizan materia biológica como fuente de nutrientes y energía (Chaudhuri y Lovley, 2003).

A continuación, se presenta el esquema de una celda de combustible microbiana convencional:

Figura 2

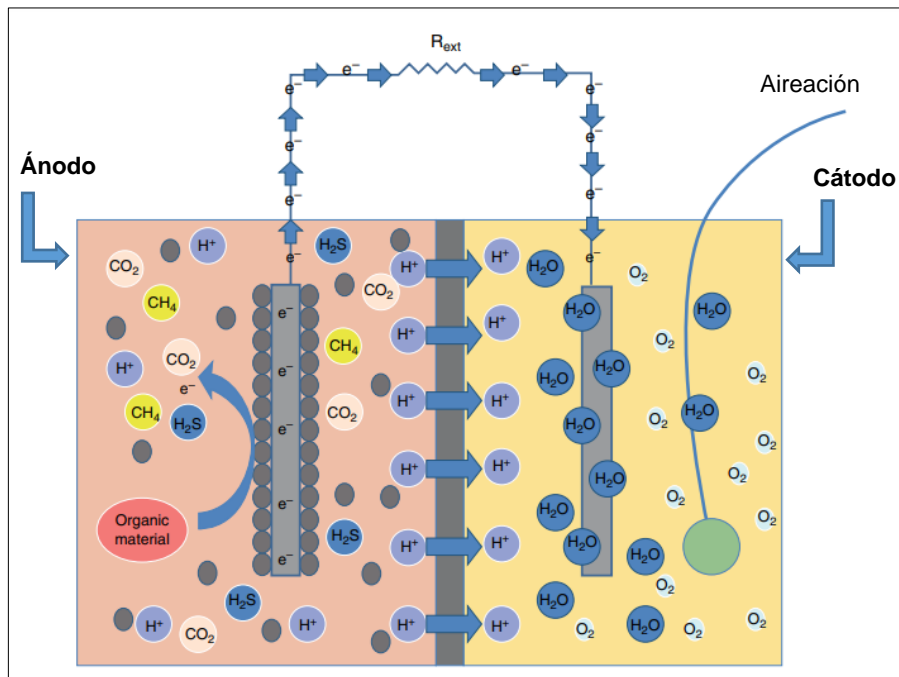
Esquema de la celda de combustible microbiana



Nota. Información tomada de Logan et al. (2006)

Figura 3

Esquema de la celda de combustible microbiana a detalle



Nota. Información tomada de Bagchi y Behera (2019)

Usualmente este dispositivo se compone de dos cámaras, una anaeróbica (ánodo) y otra aeróbica (cátodo), separadas por una membrana de intercambio iónico (Borker et al., 2017). Según Sami G.A. et al. (2018) la función de la membrana de intercambio es actuar como barrera para la restricción de la difusión de la oxígeno desde el cátodo hacia el ánodo, mientras que es permeable a la mitigación de protones desde el ánodo hacia el cátodo.

La CCM produce energía limpia mediante la explotación de las bacterias como biocatalizadores de la materia orgánica en la cámara anódica, por ello una de las aplicaciones más utilizadas de las CCM se encuentra en el tratamiento de las aguas residuales domésticas e industriales, pues permite la remoción de compuestos y nutrientes, y la biorremediación en conjunto con la generación de bioelectricidad (Huang et al., 2011). Sin embargo, una desventaja de las CCM es que requieren de una fuente constante de material orgánico o combustible para producir energía, motivo por el cual se desarrollan las celdas de combustible planta microbiana pues a través de sus rizodepósitos (desechos de la planta)

aportan materia orgánica que puede utilizarse como combustible de forma continua.

B. Celdas de combustible planta microbiana (CCPM)

Este tipo de tecnología deriva de la celda de combustible microbiana y utiliza la relación entre las plantas y microbios en la región de la rizósfera para la producción de bioelectricidad (Nitisoravut y Regmi, 2017). Las CCPM utilizan los exudados de las raíces y los rizodepósitos secretados por las plantas en la región de la rizósfera como producto de la actividad fotosintética (fijación del carbono) en bioelectricidad utilizando las actividades metabólicas de la comunidad microbiana que reside en la rizósfera (Shaikh et al., 2021).

Según Lynch y Whipps (1990) como se citó en Borker et al. (2017) la fijación del carbono desde las hojas hasta las raíces depende de diversos factores como el tipo de planta, estructura de crecimiento y las condiciones ambientales, en promedio la tasa de fijación se encuentran en el rango del 50% a 60%.

Las CCPM incluyen el sistema de raíces de las plantas vivas en el ánodo de la CCM, de modo que los rizodepósitos descargados al suelo por las raíces, están habilitados para utilizarse como sustrato para la producción de energía eléctrica por parte de los microbios electroactivos. La incorporación de una planta en la región anódica como fuente de material orgánico para las bacterias representa una alternativa significativa (Yaqoob et al., 2021).

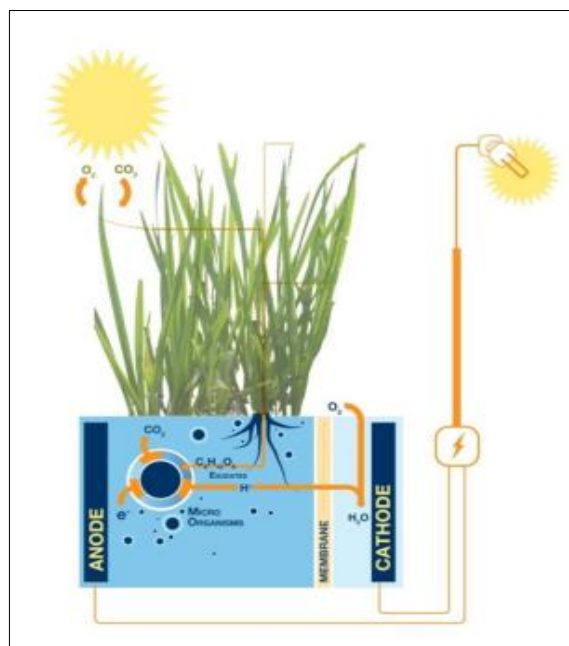
Por lo tanto, las CCPM aprovechan la radiación solar transformándola en electricidad libre de emisiones de carbono de una manera limpia y eficiente. Los rizodepósitos de las raíces comprenden principalmente exudados como azúcares y ácidos orgánicos, las secreciones como carbohidratos poliméricos y enzimas, los lisados como materiales celulares muertos y finalmente los gases. La elección de una planta para la CCPM es crucial, ya que controla directamente la cantidad de rizodepósitos para la generación de bioelectricidad.

Inicialmente este tipo de tecnología utilizó plantas acuáticas debido a las condiciones sumergidas en agua de las raíces que favorecen los requerimientos anóxicos del compartimento anódico, tal como lo realizaron Strik et al. (2008) con

la especie *Glyceria máxima* conocida como Reed mannagrass o pasto dulce de caña pues esta planta se desarrolla en sedimentos anaeróbicos ubicados en las riberas de los ríos, como resultados del experimento se alcanzaron niveles en voltajes de hasta 253 mV y valores de amperaje de 0.217 mA y 0.253 mA, estos valores se traducen en una generación de energía eléctrica de 67 mW/m² de superficie anódica.

Figura 4

Esquema de la celda de combustible planta microbiana acuática



Nota. Información tomada de Strik et al. (2008)

La **Figura 4** presenta el primer modelo de pila o celda de combustible microbiana vegetal acuática de doble cámara utilizada por Strik et al. (2008) que genera bioelectricidad a partir de la fotosíntesis. Las plantas fijan el carbono en forma de rizodepósitos (como los exudados de las raíces) los cuales son seguidamente metabolizados por los microorganismos del suelo generando electrones; asimismo, el ánodo actúa como receptor de los electrones permitiendo el flujo de estos hacia el cátodo por medio de un circuito eléctrico o material conductor externo. Finalmente, el sistema mantiene la electroneutralidad mediante el acoplamiento de una membrana de intercambio iónico que permite el paso de

los protones hacia el cátodo, dónde el oxígeno se reduce con los protones para formar agua.

Por otro lado, en las celdas de combustible planta microbiana terrestres las bacterias electrogénicas se encuentran en una relación mutualista con la planta debido a que esta última excreta rizodepósitos en sus raíces que sirven de fuente de alimento para las bacterias electrogénicas del suelo. Esto permite que una celda de combustible planta microbiana terrestre genere electricidad continuamente mientras la planta esté viva y en proceso de fotosíntesis (Kristopher Ray S. Pamintuan, Ancheta, et al., 2020). Las CCPM se clasifican en diferentes tipos según su configuración, a continuación, se presentan las características de cada una:

Tabla 2

Clasificación de las CCPM

Tipo de CCPM	Configuración	Tipo de planta utilizadas	Característica
CCPM de sedimento	Diseño básico de una sola cámara	<i>Ipomoea acuática</i> (lenteja de agua)	- Remoción de metales pesados
CCPM en techo verde	Diseño básico de una sola cámara	<i>Hypnum cupressiforme</i> Hedw (musgo) y especies de césped	- Valor estético - Preservación de la biodiversidad - Termoregulador dentro de las ciudades
CCPM cilíndrico	Diseño de doble cámara	Especies terrestres y acuáticas	- Tratamiento de aguas residuales
CCPM tubular	Diseño tubular de dos cámara	<i>Oriza Sativa</i> (arroz), especies de humedales y salinas	- Mayor producción de energía
CCPM de placa plana	Diseño en placa de dos cámara	Especies terrestres	- Presenta mayor resistencia interna
CCPM de caja	Diseño de doble cámara	Especies terrestres y acuáticas	- Agricultura y silvicultura

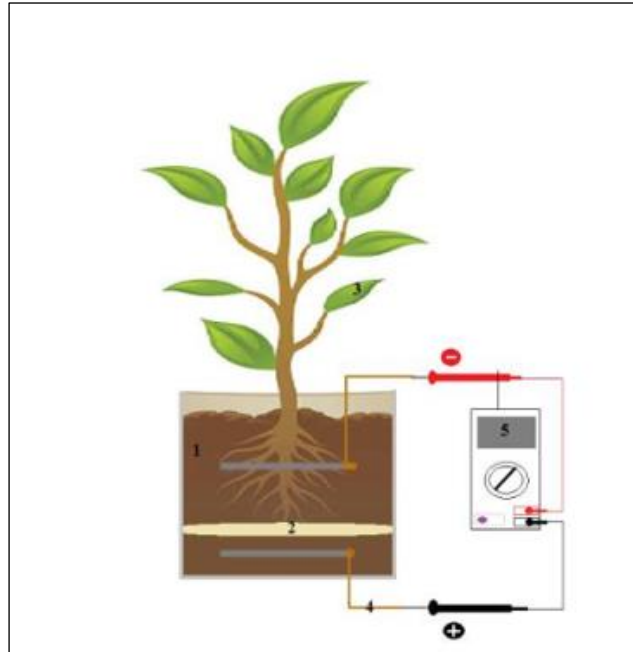
Nota. Información tomada de Borker et al. (2017)

Elaboración propia

A continuación, en la **Figura 5** se presenta la estructura de una celda de combustible planta microbiana de tipo terrestre.

Figura 5

Esquema de la pila o celda de combustible microbiana vegetal terrestre



Nota. Información tomada de Pamintuan et al. (2020)

En ese sentido, los sistemas CCPM resultan atractivos para su uso en tierras agrícolas, ya que permiten la generación simultánea de electricidad y producción de biomasa.

2.2.4 Apilamiento de celdas de combustible planta microbiana

El apilamiento de las celdas de combustible microbianas hace referencia a una colección de CCM conectadas entre sí en serie o en paralelo con la finalidad de aumentar y mejorar las cantidades de potencia eléctrica, voltaje e intensidad de corriente eléctrica (Aeltermann et al., 2006). El apilamiento de las CCM tiene posibilidades de aumentar la generación de tensión o voltaje cuando se conectan en serie, por otro lado, cuando se conectan en paralelo se observa una pérdida de voltaje acompañada de un aumento en la generación de potencia eléctrica (Shaikh et al., 2021).

Inicialmente esta técnica se utilizó con el objetivo de reducir la concentración de los compuestos contaminantes en las aguas residuales y la obtención simultánea de bioelectricidad en cantidades mayores en comparación de una celda de combustible microbiana individual (Choi y Liu, 2014).

Sin embargo, conforme con el desarrollo emergente de las celdas de combustible planta microbiana, la técnica de apilamiento también se ha empleado para este tipo de celdas de combustibles microbianas que utilizan plantas, pues representa un hallazgo prometedor que permite incrementar la cantidad de energía obtenida. En ese sentido, a continuación, citamos la definición de diversos autores en relación al apilamiento de celdas de combustible planta microbiana.

En principio, para Rahimnejad et al. (2012) a una combinación de CCM individuales conectadas en paralelo y/o en serie se le denomina apilamiento de celdas de combustible. Asimismo, para Pamintuan et al. (2018) el apilamiento consiste en una medida de solución que permite amplificar la potencia eléctrica y corriente eléctrica generada, mediante la conexión de CCPM individuales en serie o paralelo respectivamente, más adelante, en el año 2020 este mismo autor define al apilamiento como la conexión de varias celdas de combustible en serie, en paralelo o una combinación de ambos para lograr el voltaje y corriente deseados (Kristopher Ray S. Pamintuan, Ancheta, et al., 2020).

Cabe señalar que, en relación al tema de investigación, se optó por considerar la definición establecida por Pamintuan, Ancheta, et al. (2020), pues se evidencia que este autor es quien más ha desarrollado investigaciones ligadas al apilamiento de celdas de combustible planta microbiana terrestres empleando especies cultivables (CCPM).

Por todo lo mencionado, el uso de celdas de combustible microbianas planta microbiana apiladas en serie o en paralelo es esencial para incrementar los valores de voltaje y corriente eléctrica; sin embargo es importante mencionar que la producción de bioelectricidad en una celda de combustible microbiana se encuentra condicionada por algunos factores como la intensidad de la luz para la fotosíntesis, la actividad microbiana óptima y la cantidad de rizodeposición de exudados, la selección de las especies de plantas adecuadas y el diseño

eficiente de los electrodos son necesarios para resolver el problema relacionado con la generación de bioelectricidad a través de la CCPM (Maddalwar et al., 2021).

En seguida, definimos el concepto de circuitos eléctricos y sus características pues este se encuentra íntimamente relacionado con el apilamiento de las celdas de combustible planta microbiana.

A. Circuitos eléctricos

Un circuito o red eléctrica se refiere a un grupo de elementos combinados que harán posible que se origine una corriente eléctrica. Existen unos elementos denominados fuentes o generadores que suministran energía eléctrica y otros elementos denominados pasivos, que disipan o almacenan este tipo de energía (Mora, 2012). De acuerdo a la configuración, los circuitos eléctricos se pueden conectar de dos maneras, las cuales se detallan a continuación:

- **Conexión en serie**

Un circuito conectado en serie es aquel en que la corriente total circula por cada uno de los componentes sin que exista ningún punto donde dicha corriente pueda bifurcarse hacia otros elementos, asimismo las resistencias de los componentes se suman (Mora, 2012).

Por otro lado, según el libro *Electricidad Teórico - Práctica Tomo II* (1968) una conexión en serie se obtiene uniendo las CCPM de modo que el polo positivo (ánodo) de cada una de ellas quede unida al negativo (cátodo) inmediato. En una conexión en serie la tensión (voltaje) total es igual a la suma de las tensiones parciales. Según Izadian (2019) los elementos están conectados en serie si toda la corriente que sale de un elemento entra en otro elemento conectado al mismo nodo. La conexión sigue siendo en serie si más de un elemento está conectado al mismo nodo.

- **Conexión en paralelo**

Un circuito en paralelo está constituido por ramas conectadas a un punto común. Se dice que varios elementos pasivos están conectados en

paralelo cuando están sometidos todos a la misma tensión o voltaje, pero la resistencia disminuye (Mora, 2012)

Según el libro *Electricidad Teórico - Práctica Tomo II* (1968) una conexión en paralelo se obtiene uniendo entre sí todos los polos negativos, de una parte y todos los positivos, por otra parte. Asimismo, según Izadian (2019) los elementos del circuito se encuentran conectados en paralelo si comparten nodos similares en ambos extremos. Los elementos en conexión paralela comparten la misma tensión o nivel de voltaje a través de ellos.

Una característica notable de esta conexión es que la (resistencia) interna del total es la de una CCPM dividida entre el número de elementos.

- **Conexión mixta**

Según Cinjordiz (2022), los circuitos eléctricos mixtos son aquellos circuitos eléctricos donde podemos encontrar dispositivos conectados en serie o en paralelo. En este tipo de circuitos eléctricos hay que juntar los terminales en serie y en paralelo para calcularlos. Para Izadian (2019), la importancia de las conexiones mixtas radica en identificar qué elementos se conectan en pareja y los que comparten nodos finales iguales.

Asimismo, de acuerdo al tipo de circuito los circuitos eléctricos se clasifican de la siguiente manera:

- **Circuito cerrado**

Un circuito eléctrico cerrado se presenta cuando la corriente eléctrica puede circular ininterrumpidamente, es decir los electrones circulan a través de un cable conductor desde el polo positivo (ánodo) hasta el polo negativo pasando por el filamento metálico de una bombilla de incandescencia o alguna resistencia (Cinjordiz, 2022).

- **Circuito abierto**

Por otro lado, los circuitos abiertos interrumpen el camino de la corriente eléctrica cuando un punto de la instalación se abre, es decir que ambos polos (ánodo y cátodo) permanecen apartados. Es importante mencionar

que en este tipo de circuito se obtiene el mayor voltaje teórico de una celda de combustible planta microbiana (Logan, 2008b). Es decir que el voltaje es la tensión máxima que se obtiene de una celda a resistencia infinita, ya que el circuito abierto no considera las pérdidas por tensión, esperando que el nivel del voltaje sea igual a la fem (fuerza electromotriz) de una celda; sin embargo, en la práctica, existen pérdidas lo cual disminuye drásticamente su valor (Das, 2018).

Con la finalidad de entender el funcionamiento de los circuitos eléctricos, resulta necesario conocer la definición de las magnitudes eléctricas que caracterizan la generación de energía eléctrica.

B. Magnitudes eléctricas

Una magnitud eléctrica es una propiedad física medible a la que se le puede atribuir ciertos valores, es decir las magnitudes eléctricas son todas aquellas unidades eléctricas que representan el resultado de una medición y se encuentran íntimamente ligadas con la carga eléctrica.

A continuación, definimos las magnitudes eléctricas que caracterizan a la celda de combustible microbiana:

- **Voltaje o tensión**

El voltaje está en función de la resistencia externa o carga del circuito, y de la intensidad eléctrica, cuya relación se establece en la Ley de Ohm (Logan, 2008b).

$$V = I * R \quad (2)$$

Dónde:

V: Voltaje (voltios)

R: Resistencia externa (ohmios)

I: Intensidad de corriente (amperios)

El voltaje de una CCPM se mide con ayuda de un multímetro, y también se puede medir automáticamente utilizando un registrador automático de datos conectado a un ordenador personal (Apollon et al., 2021).

Las CCM suelen alcanzar un voltaje de operación máximo de 0.3 - 0.7 voltios, donde el más alto voltaje producido corresponde al voltaje de circuito abierto (VCA), el cual se mide cuando el circuito se encuentra desconectado (Logan, 2008b).

- **Corriente o intensidad de corriente eléctrica**

La corriente o intensidad de corriente eléctrica expresa la cantidad de carga eléctrica que pasa por un punto dado del sistema eléctrico por unidad de tiempo (Redondo Quintela y Redondo Melchor, 2019). La producción de intensidad eléctrica de una CCPM es pequeña, por lo que no suele medirse a escala de laboratorio y se calcula a través de la Ley de Ohm al usar una resistencia externa (Yaqoob et al., 2021) :

$$I = V/R \tag{3}$$

Dónde:

V: Voltaje (voltios)

R: Resistencia externa (ohmios)

I: Intensidad de corriente (amperios)

- **Resistencia**

La resistencia es el elemento del circuito, en el que se disipa energía eléctrica. Las pérdidas de potencial o pérdidas de energía son la cauda más importante de la disminución de la potencia eléctrica, causadas por las llamadas resistencia internas de la celda (Bagchi y Behera, 2019).

- **Potencia eléctrica**

La potencia eléctrica se calcula a partir del voltaje y la intensidad de corriente eléctrica, tal como se señaló en la Ecuación 1. Es deseable obtener una salida de energía estable y consistente de una CCM para apoyar las aplicaciones prácticas del mundo real (Das, 2018).

Normalmente, la producción de potencia eléctrica generada por un sistema CCPM sirve para comparar los materiales empleados en el ánodo, permitiendo seleccionar adecuadamente los materiales en la construcción de un CCPM.

- **Densidad de potencia eléctrica**

Los investigadores prefieren adoptar un parámetro más fiable llamado densidad de potencia (P_{An}) para comparar varias celdas con diferentes configuraciones o volúmenes. Dependiendo del parámetro que se considere en la celda, la densidad de potencia eléctrica se obtiene normalizando la potencia total obtenida bien por la superficie del electrodo o por el volumen de la cámara específica o de la propia celda (Das, 2018).

La densidad de potencia eléctrica se refiere a la potencia por unidad de superficie (m^2), este valor es un indicador de qué tan eficiente es la generación de energía eléctrica en un sistema CCPM, ya que normaliza la generación eléctrica a una unidad de área (m^2) y se calcula de la siguiente manera:

$$P_{An} = P/A_{An} \quad (4)$$

Dónde:

P_{An} : Densidad de potencia eléctrica (Watt/ m^2)

P : Potencia eléctrica (Watt)

A_{An} : Área superficial del ánodo (m^2)

Cabe señalar que la elección del parámetro que se utiliza para normalizar la densidad de potencia, depende de la aplicación del sistema, generalmente la generación de energía se suele normalizar sobre la superficie del ánodo proyectada debido a que en este componente se produce la reacción biológica (Logan et al., 2006).

2.2.5 Fresa (*Fragaria spp.*)

Es importante mencionar que, inicialmente las investigaciones en relación a las celdas de combustible planta microbiana han empleado plantas acuáticas debido

a que sus raíces crecen sumergidas en agua, lo cual favorece a las condiciones anóxicas que requiere la cámara del ánodo para llevar a cabo las reacciones de reducción; más adelante, investigaciones recientes han optado por utilizar plantas terrestres en su mayoría especies de tipo herbáceo. En ese sentido, la presente investigación plantea el uso de la *Fragaria spp*, especie que pertenece a la familia de las rosáceas, y que contiene valiosas frutas, frutos secos y cultivos ornamentales (Stewart y Folta, 2010).

La planta *Fragaria spp*. también conocida como *Fresa o Frutilla*, es una de las frutas con mayor aceptación mundial debido a sus diversos usos en la industria alimenticia, además de ser un alimento muy sano, con gran aporte de sustancias beneficiosas para la salud de las personas. Sin embargo; la producción de esta fruta se ha visto limitada por su vulnerabilidad frente a diversos factores bióticos y abióticos como las plagas y enfermedades, pues los frutos de la fresa son más propensos a las plagas y enfermedades, en parte debido a su mayor contenido en agua y nutrientes y a sus bajos niveles de pH (Biswas et al., 2019), requiriendo altas dosis de plaguicidas, pesticidas, entre otros, que generan diversos problemas ambientales como la eutrofización y la ecotoxicidad (Argelys, 2012). Por ello resulta importante promover la sostenibilidad en los sistemas agrícolas sin comprometer la calidad ambiental y la conservación de los recursos disponibles.

A. Morfología externa de la fresa

Según Müller (2000) como se citó Chunchu et al. (2019), la morfología externa vegetal se encarga exclusivamente del estudio de la forma de la planta, es decir de las características externas cuantitativas y cualitativas de la especie vegetal, en relación a esto, la fresa es una planta de tipo herbáceo por lo que su sistema radicular es fasciculado caracterizado por sus raíces que presentan un cambium vascular y suberoso, mientras que las raicillas carecen de éste y sufren un proceso de renovación fisiológico influenciado por factores ambientales, patógenos de suelo, etc., son de color más claro y tienen un periodo de vida corto (de algunos días o semanas). La profundidad del sistema radicular depende del tipo de suelo y la presencia de patógenos en el mismo. En condiciones óptimas

alcanza de 2 a 3 m, aunque normalmente no sobrepasen los 40 cm, encontrándose la mayor parte (90 %) en los primeros 25 cm (Olivera Soto, 2003 y Patiño Sierra et al., 2014)

A continuación, detallados la morfología externa de la fresa:

- **Tallo:** El tallo está constituido por un eje corto de forma cónica llamado “corona”, en el que se observan numerosas escamas foliares. De esta corona, nacen también algunos tallos rastreros que producen raíces adventicias, de las cuales brotan nuevas plantas (estolones) que no interesan y por tanto se deben eliminar (López Aranda, 2008 y ITSC, 2018)
- **Estolones:** Se trata de un brote largo rastrero que se origina en las yemas axilares de las hojas situadas en la base de la corona. Constituyen el método más rápido de propagación (Chiqui Chiqui y Lema Cumbe, 2010) de manera asexual (ITSC, 2018).
- **Hojas:** Las hojas se insertan en la corona y se disponen en roseta. Presentan un largo peciolo y están provistas de dos estípulas rojizas. Su limbo está dividido en tres folíolos con un gran número de estomas (300-400 estomas/mm²), pediculados y de bordes aserrados. (López Aranda, 2008). Las hojas se forman durante toda la temporada de crecimiento, cada 8-12 días. Los nutrientes que circulan dentro de la planta viajarán hacia las hojas más nuevas para ayudar en su desarrollo. Las hojas maduras permanecerán vivas en la planta por varios meses (Bolda et al., 2015).
- **Fruto:** Los frutos son pequeños aquenios de color oscuro dispuestos sobre el engrosamiento del receptáculo. La forma es diversa de acuerdo a la variedad (cónica, globulosa, esférica, etc.) (Chiqui Chiqui y Lema Cumbe, 2010).

B. Fenología de la fresa

Según Patiño Sierra et al. (2014), las etapas del desarrollo del cultivo de la fresa son las siguientes:

Etapa vegetativa

- **Brotación:** Letargo, tiene lugar el crecimiento de las yemas principales.
- **Desarrollo de hojas:** Aparecen las primeras hojas emergentes, primeras hojas hasta 9 o más.
- **Desarrollo de partes vegetativas cosechables:** Formación de estolones.

Etapa reproductiva

- **Presencia de órgano floral:** Aparece en las primeras yemas florales
- **Floración:** Fase plena de floración y caída de los pétalos

Etapa productiva

- Desarrollo y maduración del fruto.
- Fase de Senescencia e inicio de reposo vegetativo.

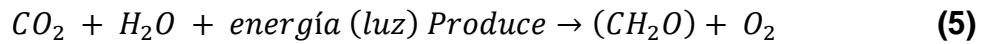
2.3 MARCO CONCEPTUAL

2.3.1 Fotosíntesis y respiración celular

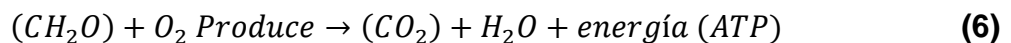
Tal como se mencionó líneas arriba, las celdas de combustible planta microbiana requieren de un suministro continuo de materia orgánica, el cual será oxidado (metabolizado) por las bacterias electroquímicamente activas presentes en el suelo para la generación de bioelectricidad, cabe señalar que las bacterias que viven cerca de las superficies de las raíces generan protones, electrones y CO₂ (Sarma y Mohanty, 2019) al oxidar este material orgánico secretado por la planta a través de sus rizodepósitos y exudados (Shaikh et al., 2021); en ese sentido, el proceso de fotosíntesis que realiza la planta en sus hojas, permite la fijación del dióxido de carbono en forma de carbohidratos en las raíces (Strik et al., 2008).

La fotosíntesis es un proceso químico por el cual las plantas y otros organismos fotosintéticos conocidos como organismos fotoautótrofos utilizan la energía solar en forma de luz para estimular su nutrición de carbono mediante la conversión de dióxido de carbono del aire y el agua del suelo en carbohidratos (expresados

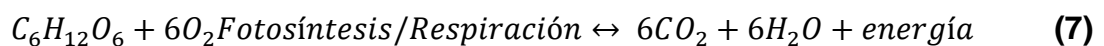
como (CH₂O)) y oxígeno. Este proceso se lleva a cabo en dos etapas, una dependiente y la otra independiente de la luz, también conocidas como reacciones a la luz y reacciones oscuras o el Ciclo de Calvin. La siguiente ecuación general representa el proceso de fotosíntesis (Hopkins, 2006).



No existe organismo capaz de emplear la energía de la luz solar para sintetizar directamente macromoléculas, es aquí donde entra a tallar otro proceso metabólico que va de la mano con la fotosíntesis denominado respiración celular, en este proceso se recupera energía de los azúcares y otras moléculas orgánicas para transformarlas en una molécula de trabajo en la célula, denominada Adenosín Trifosfato o ATP que se encarga de realizar las transacciones de energía a otras regiones de la célula (Hopkins, 2006). La ecuación general para la respiración es:



Ambos procesos son dos partes complementarias de un ciclo de dióxido de carbono/azúcar en donde cada parte depende los productos del otro y se representan de la siguiente manera:



Cabe señalar que, según Gilani et al. (2016) las plantas en lugar de consumir todos los nutrientes para la fotosíntesis, liberan ciertos compuestos nutritivos en el suelo mediante sus raíces, en forma de exudados, lisados y otras secreciones como los rizodepósitos.

2.3.2 Vías fotosintéticas

La eficiencia de producción de electricidad del sistema CCPM depende de diversos procesos como la fotosíntesis, la rizodeposición y la conducción eléctrica por medio de la celda de combustible (Nitorisavut y Regmi, 2017b), es decir que, en principio la potencia de salida de un CCPM dependerá de la eficiencia fotosintética de la planta, que a su vez depende de su vía fotosintética.

Hasta ahora se conocen tres vías fotosintéticas, las cuales son: el ciclo de Calvin-Benson (C3), el ciclo de HatchSlack (C4), y el ciclo CAM (Crassulacean Acid Metabolism).

En las plantas de vía C3, la ribulosa-1,5-bisfosfato carboxilasa/oxigenasa (RuBisCO) juega un papel importante en la asimilación del CO₂ atmosférico, y en condiciones de estrés, esta enzima tiene poca afinidad para diferenciar el O₂ del CO₂. En consecuencia, el O₂ compite con el CO₂ en el sitio activo de la RuBisCO (Yadav y Mishra, 2020), lo que conduce a la pérdida de energía durante la fotosíntesis, denominada fotorrespiración. El resultado es una reducción del 25% del carbono fijado, que se libera como dióxido de carbono en la atmósfera (Shaikh et al., 2021).

El rendimiento y la productividad de las plantas C3 se ven limitados por al menos tres factores principales: la elevada fotorrespiración (una consecuencia no inevitable de la actividad oxigenasa de la RuBisCO), una elevada necesidad de agua y la preferencia por las regiones templadas, mientras que la vía C4 y la CAM constituyen aproximadamente el 10 % y el 1 %, respectivamente y funcionan como mecanismos de acumulación de carbono y forman complementos del ciclo de Calvin (Raghavendra, 2003).

Las plantas C4 derivan su nombre de las moléculas producidas en la vía C4; malato o aspartato, que se forman antes del ciclo de Calvin. El CO₂ absorbido por las plantas es trasladado por las moléculas de malato/aspartato formadas a las células de la vaina del haz, y se libera en los cloroplastos debido a menor contenido de oxígeno en las hojas de las plantas C4 (Shaikh et al., 2021). Las plantas con vía fotosintética C4 se consideran una de las más eficientes secuestradoras de CO₂, productivas y productoras de biomasa del planeta (Yadav y Mishra, 2020), por ello, pueden proporcionar un mejor rendimiento en la producción de energía de las CCPM (Chiranjeevi et al., 2019).

Investigaciones sugieren que las plantas de vía fotosintética C4, presentan una mayor capacidad de fotosíntesis sobre las otras categorías (Wang et al., 2012), además emplean el CO₂ en concentraciones de hasta 5 partes por millón (ppm); sin embargo, las plantas de vía fotosintética C3 no pueden utilizar el CO₂ si el

nivel cae por debajo de 40-50 ppm (Bustos Alvarez, 2019). Esto quiere decir que, las plantas C4, incluidas en un sistema CCPM presentan una mayor tasa de conversión de energía solar en bioelectricidad, presentando las siguientes ventajas:

- Las plantas C4 presentan el límite máximo teórico de eficiencia fotosintética (PE), 6.0% frente a un 4.0 % de las plantas C3.
- La rizodeposición es directamente proporcional a los fotosintatos formados.
- Las plantas C4 de desarrollan bien en condiciones de calor y sequedad.

Por otro lado, las plantas de vía fotosintética tipo CAM tienen un desarrollo lento, lo que representa una menor producción de biomasa en un determinado momento a comparación de las plantas C3 y C4. Además, se prefieren utilizar las plantas que tienen vías C3 o C4 para aplicaciones de CCPM debido a que la producción de biomasa y la tasa de fotosíntesis es mayor en las plantas C4 que en las C3 y es mucho menor en las plantas con vía CAM ($C4 > C3 > CAM$) (Maddalwar et al., 2021). Asimismo, según Nitorisavut y Regmi (2017) la estabilidad de la planta frente a condiciones ambientales adversas representa otro factor importante que afecta la funcionalidad del sistema a largo plazo, al respecto, las plantas de tipo C4 y CAM demuestran ser mejores que las plantas C3.

Por tanto, la elección adecuada de la especie vegetal ayuda a maximizar la producción de bioelectricidad; sin embargo el rendimiento del sistema puede verse afectado por otros factores como el material de los electrodos, medio de desarrollo (sustrato de la planta) y otros parámetros (Timmers y Rothballer, 2012); es decir que resulta difícil realizar comparaciones del rendimiento del sistema basadas únicamente en el tipo de vías fotosintéticas.

2.3.3 Microorganismos del suelo

El suelo constituye un lugar apropiado para el desarrollo de diversas especies de microorganismos alcanzando valores de 10^3 y 10^4 con poblaciones de individuos entre 10^{10} a 10^{12} microorganismos g^{-1} de suelo (Oliveros-Bastidas et al., 2009), encontramos organismos microscópicos hasta insectos y lombrices.

Las bacterias constituyen el mayor número de organismos vivos en el suelo seguidos de los actinomicetos (bacterias filamentosas), hongos y algas (Tortora et al., 2007), en donde la principal fuente de alimentación para la actividad biológica son los productos de la rizodeposición.

Todos los microorganismos cumplen un rol fundamental en el mantenimiento del suelo como ecosistema. Una de las funciones más importantes de los microorganismos del suelo es la descomposición de material orgánico ya sea de origen vegetal o animal, actúan por medio de enzimas extracelulares hidrolíticas que desdoblan las grandes moléculas en compuestos más pequeños (ej. almidón en glucosa y maltosa) produciendo alimento para ellos y otros microorganismos que se encuentren a su alrededor (Jiménez Díaz, 2011).

La abundancia de las bacterias en la rizósfera a comparación de otros microorganismos se debe a su rápido crecimiento y la habilidad de usar un amplio rango de sustratos como fuentes de carbono y nitrógeno. Podemos hallar una mayor concentración de bacterias a los alrededores de las raíces (rizósfera) que en otros lugares del suelo probablemente debido a la alta cantidad de nutrientes presentes en la zona que rodea las raíces favoreciendo el desarrollo bacteriano (Calvo Vélez et al., 2008).

En consecuencia, conocer que la mayor cantidad de bacterias se encuentran presentes en la zona radicular de las plantas específicamente en los alrededores de las raíces, resulta importante en esta investigación pues favorece a determinar o aproximar la ubicación del ánodo en el sustrato ya que este componente del sistema de celdas de combustible microbiana representa la superficie donde se adherirán y desarrollarán las bacterias electroquímicamente activas para metabolizar los compuestos orgánicos y generar los electrones que serán conducidos hacia el cátodo.

2.3.4 Rizósfera

La rizósfera es una zona estrecha del suelo rico en nutrientes que rodea a las raíces de las plantas y está influenciada por ellas. Está densamente poblada por diversos microorganismos, como hongos, bacterias, protistas, nematodos e

invertebrados (Venturi y Keel, 2016). En esta zona, existe una relación simbiótica entre las bacterias electroquímicamente activas con las plantas que liberan exudados. Estos exudados ricos en compuestos carbonatados sirven de alimento a las bacterias que, a cambio proporcionan los minerales que necesitan las plantas (Apollon et al., 2021).

La producción de compuestos orgánicos a través de la fijación del CO₂ durante el proceso de fotosíntesis se libera en la zona conocida como rizósfera y juega un papel vital para el crecimiento y desarrollo de las plantas (Azri et al., 2018), estas sustancias acumuladas son conocidas como rizodepósitos y están constituidos principalmente por los exudados; a todo este proceso de excreción del sistema radicular de la planta se le conoce como rizodeposición (Nguyen y Nitorisravut, 2019).

Los exudados de las raíces son compuestos orgánicos que pueden dividirse en dos clases: compuestos orgánicos de bajo peso molecular y compuestos orgánicos de mayor peso molecular. Los monómeros de proteínas (aminoácidos), azúcares (disacáridos monosacáridos), fenólicos y algunos metabolitos secundarios están incluidos en los compuestos orgánicos de bajo peso molecular. Los compuestos orgánicos de alto peso molecular pertenecen los polipéptidos (proteínas), los polisacáridos y los mucílagos. Los componentes orgánicos de los exudados de las raíces son el ácido málico, el ácido cítrico, etc., y uno de los factores importantes factores de atracción de microbios (Hayat et al., 2017; Ling et al., 2011).

A. Rizodeposición

La rizodeposición se refiere a la liberación de compuestos orgánicos mediante las raíces de las plantas vivas en el suelo (Khudzari et al., 2019). La rizodeposición proporciona sustratos para la producción de bioelectricidad en una CCPM. El rendimiento de los sistemas de las CCPM depende de estas exudaciones y de la naturaleza de la descomposición microbiana. Son muchos los factores que rigen la rizodeposición en las plantas. La ecofisiología de la planta determina en gran medida la cantidad de liberación de carbono a través de las raíces, los factores fundamentales son la edad de la planta, los

microorganismos, el contenido de nitrógeno en el suelo y la concentración atmosférica de CO₂. La morfología general de las raíces también influye en la exudación (Nitisoravut y Regmi, 2017).

En el suelo se ha estimado que el flujo de carbono representa una fracción alta de la producción primaria de las plantas, es así que hasta un 20 % del carbono asimilado a partir de la fotosíntesis puede ser liberado en las raíces (Violante et al., 2010).

2.3.5 Factores que afectan el rendimiento de una CCPM

El rendimiento del sistema celda de combustible planta microbiana puede verse afectado por diversos parámetros, los cuales mencionamos y detallamos a continuación:

- **Intensidad de luz**

Lin et al. (2018) indican que la calidad e intensidad de luz son factores importantes que tienen un efecto directo sobre el crecimiento de las plantas. En ese sentido, el rendimiento de una celda de combustible planta microbiana podría verse afectada pues según Xiao y He (2014) la iluminación es una condición para el crecimiento de los microorganismos fotosintéticos; asimismo, la luz cumple una función importante en la maximización de los exudados de la raíz con alta actividad fotosintética de las CCPM (Nitisoravut y Regmi, 2017). Por otro lado, Timmers et al. (2012) señala que la generación de bioelectricidad podría no estar directamente relacionada con la fotosíntesis pues identificó que una iluminación prolongada disminuye la producción de bioelectricidad, indicando que el periodo de oscuridad resulta necesario para mantener una comunidad saludable de microorganismos fotosintéticos.

- **Temperatura**

Según Lu et al. (2003) como se citó en Regmi et al. (2018) la temperatura tiene un rol importante en el rendimiento de una celda de combustible planta microbiana pues el proceso de rizodeposición es conducido por este factor. Asimismo, este factor tiene influencia sobre la formación de la

biopelícula o biofilms en el ánodo, es decir que influye directamente sobre la actividad metabólica de las bacterias electroquímicamente activas (Abbas et al., 2017), por otro lado estos autores también señalan que las biopelículas tienen una actividad exoelectrogénica máxima en un rango de 30°C a 45°C, temperaturas más altas desnaturalizan las enzimas bacterianas, cabe señalar que las bacterias exoelectrogénicas tienen diferentes rangos de temperaturas óptimas para la máxima actividad metabólica.

- **pH**

El efecto del pH es mayor sobre el metabolismo microbiano para la transferencia intracelular de electrones desde el interior al exterior de la célula (Regmi et al., 2018). Según Nava-Diguero y Castillo-Juárez (2018) un pH bajo facilita la transferencia de protones hacia el cátodo; asimismo, un pH neutro en el ánodo es propicio para el desarrollo de la actividad microbiana. Finalmente, un pH alto inhibe el crecimiento de metanógenos que indirectamente mejoran el desempeño de las CCPM (Pineda y Rosas, 2016).

2.3.6 Bacterias electroquímicamente activas

Mediante el proceso de respiración algunos microorganismos tienen la capacidad de producir electricidad a través de la degradación de materia orgánica. Las bacterias electroquímicamente activas son aquellos microorganismos capaces de transferir electrones resultantes de su metabolismo hacia un aceptor terminal de electrones, para producir una corriente eléctrica. (Logan et al., 2006) mediante la oxidación de la materia orgánica (Guang et al., 2020). En la celda de combustible microbiana, el ánodo contiene bacterias heterótrofas en condiciones anaerobias (Naureen et al., 2016), capaces de oxidar moléculas orgánicas, liberando protones y electrones, así como otros subproductos. El transporte de los protones liberados desde el ánodo puede alcanzar el cátodo, mientras que los electrones se transfieren por circuito externo, y son aceptados por los aceptores de electrones generando un flujo de corriente (Zhang et al., 2015).

2.3.7 Biochar

El funcionamiento de las celdas de combustible planta microbiana, requiere la selección cuidadosa de los materiales empleados como electrodos; asimismo, los costos asociados a su producción deben ser bajos pues lo que se busca es introducir este tipo tecnología de manera que sea comercialmente competente en comparación de otras tecnologías renovables. En ese sentido, según (Patwardhan et al., 2022) los electrodos deben presentar las siguientes características:

- Alta superficie y porosidad
- Alta conductividad eléctrica
- Estabilidad, durabilidad y viabilidad económica
- Biocompatibilidad

Los electrodos basados en carbono se utilizan generalmente como material anódico (S. Kumar et al., 2021). Al respecto, el biochar o biocarbón es un material de bajo costo y con múltiples usos, además se puede producir a partir de residuos agrícolas y forestales; a continuación, se detallan las características de este material.

El biochar es el producto de calentar la biomasa en ausencia de aire o con aire limitado a más de 250°C, mediante un proceso llamado carbonización o pirólisis que también se utiliza para hacer carbón vegetal. Una característica importante de los biocarbones, similar a la del carbón vegetal, es un cierto nivel de formas de C orgánico, llamadas estructuras de anillos aromáticos fusionados. Estas estructuras se forman durante la pirólisis y son clave para propiedades del biocarbón con respecto a la mineralización o la adsorción (Lehmann y Joseph, 2015; Pap et al., 2022).

La investigación utilizó el biochar o biocarbón como material anódico; asimismo este tuvo como fuente de origen diversos restos forestales como ramas, hojas, restos del tronco y frutos de los árboles del género Pinus. La metodología utilizada para su obtención fue “KON – TIKI” basada en la pirólisis de biomasa llegando a una temperatura máxima de 650°C durante una hora, como resultado

de los análisis de caracterización del biochar de residuos de pino tuvo los siguientes valores obtenidos pH (1:1) 8.81, C.E. (dS/m) 12.70, M.O. (%) 12.07, N (%) 0.9, P₂O₅ (%) 1.59, K₂O (%) 1.58, CaO (%) 12.81, MgO (%) 1.22, Humedad (%) 6.86, Na (%) 0.68, CIC (meq/100g) 4.00, los valores mencionados se encuentran dentro de los valores aceptables por Normativa Italiana para el uso del biochar como enmienda en el suelo (Fow, 2021).

2.3.8 Compost

El compost se deriva de un proceso biológico oxidativo denominado "biocompostaje" mediante el cual las sustancias orgánicas biodegradables se transforman aeróbicamente en sustancias estables y humificadas tras el periodo de curado. El compost se define como una materia orgánica madura y estabilizada que se enriquece de forma natural durante el proceso de compostaje con moléculas carbonosas hidrofóbicas y sustancias húmicas, como los ácidos húmicos y fúlvicos, que la convierten en una biomasa más recalcitrante a la degradación posterior (De Corato, 2020) que puede ser implementada a cualquier escala (Sayara et al., 2020).

2.4 DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS

2.4.1 Celda de combustible microbiana

Las pilas o celdas de combustible microbianas (CCM) son nuevos procesos bioelectroquímicos cuyo objetivo es producir electricidad utilizando los electrones derivados de las reacciones bioquímicas catalizadas por las bacterias (Ruscalleda Beylier et al., 2019). Las bacterias catalizan oxidaciones en el ánodo y reducciones electroquímicas en el cátodo para producir una corriente eléctrica (Clark et al., 2016).

2.4.2 Cambio climático global

El cambio climático global está causado por el aumento de la concentración de los gases de efecto invernadero (GEI) y la reducción de los sumideros naturales de carbono, lo que induce el efecto invernadero (V. Kumar et al., 2021), por lo que se prevé algunas consecuencias como la subida del nivel del mar, tormentas

más intensas que causan inundaciones costeras como fluviales en el interior y el aumento de la frecuencia de las sequías (Elhag et al., 2022). En ese sentido, mundialmente la generación de energía eléctrica a partir de combustibles fósiles constituye una de las principales fuentes que contribuyen al calentamiento global (Gates et al., 2014) y por ende al cambio climático. Por tanto, resulta necesario desarrollar tecnologías que generen energía sostenible y fiable a partir de energías renovables (Acosta-Coll et al., 2019).

2.4.3 Biomasa

La biomasa se define como la materia procedente de las plantas vivas, incluidos los tallos de los árboles, las ramas, las hojas, así como los residuos de la cosecha agrícola y el procesamiento de semillas o frutos (Pang, 2016). Actualmente, se considera como una fuente adecuada para la energía renovable a los productos de base biológica debido a su naturaleza orgánica, la estabilidad del carbono y su abundante suministro (Gent et al., 2017). Por ello, se ha caracterizado y reportado a la biomasa agrícola y forestal empleada para la producción de energía, que incluye almidón de hierba, azúcar, lignocelulosa, cultivos oleaginosos y residuos lignocelulósicos, orgánicos y marinos (Bonechi et al., 2017).

2.4.4 Conductividad

La conductividad puede definirse como una medida de la conducción eléctrica, y muestra la capacidad de un material para pasar una corriente. Los aislantes son materiales con conductividades inferiores a 10^{-8} S/cm. Los semiconductores tienen conductividades entre 10^{-8} y 10^2 S/cm y los conductores son materiales que tienen conductividades superiores a 10^2 S/cm. La conductividad es la inversa de la resistividad, y las unidades de resistividad y conductividad son ohmios (Ω) y Siemens (S), respectivamente (Sharaf, 2020) .

2.4.5 Energía renovable

La energía renovable se define como una energía cuyo suministro se regenera parcial o totalmente en el transcurso del ciclo solar anual y/o cuyo suministro se considera ilimitado a todos los efectos, por ejemplo, la energía solar, la energía

eólica, la energía de la biomasa, la energía hidroeléctrica, la energía mareomotriz, la energía undimotriz, etc. (Eguchi, 2010). Las tecnologías de energía renovable pueden convertir fenómenos naturales como el viento en energía eléctrica. Hay muchas otras tecnologías de fuentes renovables, como la biomasa, la fotovoltaica, la solar térmica, la hidroeléctrica y la geotérmica, estas tecnologías se han extendido cada vez más debido a los importantes avances logrados en los últimos años, tanto en la mejora de la eficiencia de la conversión como en la reducción de los costes energéticos (Gugliuzza et al., 2014).

2.4.6 Energía no renovable o convencional

La energía no renovable se define como una forma de energía cuyo suministro no puede regenerarse, tales como los recursos biogénicos fósiles, el carbón, el petróleo, el gas natural, así como los recursos minerales fósiles, como el uranio (Rödl et al., 2018). Hay que señalar que las fuentes de energía no renovables son limitadas, además de ser contaminantes para el medio ambiente (Eguchi, 2010).

2.4.7 Gases de efecto invernadero

Los gases de efecto invernadero (GEI) son compuestos gaseosos que pueden emitir radiación ultravioleta dentro de un determinado rango de infrarrojos térmicos, pues retienen las altas temperaturas en la parte baja de la atmósfera, lo que permite que el calor vuelva a escapar al espacio (Yoro y Daramola, 2020).

Esto da lugar al efecto invernadero y por consiguiente al calentamiento global, ya que se define a los GEI como componentes gaseosos de la atmósfera generados de forma natural o antropogénica, que absorben y reemiten la radiación (Jacobson, 2001).

2.4.8 Huella de carbono

La huella de carbono es la cantidad de GEI producida a través de la quema de combustibles fósiles emitida a la atmósfera por un individuo, organización, proceso, producto o evento y se expresa como el peso de las emisiones de CO₂ producidas en toneladas (Pandey et al., 2011); por ello, resulta importante

cuantificar la cantidad de tierra necesaria para absorber la cantidad total de CO₂ producida por la humanidad a lo largo de su vida (Muthu, 2020) con la finalidad de determinar su contribución al cambio climático.

2.4.9 Sostenibilidad

La sostenibilidad se ocupa mantener el equilibrio entre la economía, el medio ambiente y la sociedad, y garantizar que se satisfagan las necesidades actuales sin comprometer las de las generaciones futuras (Higgins, 2015).

2.4.10 Tecnología limpia

La tecnología limpia se refiere a evitar el daño ambiental en la fuente mediante el uso de materiales, procesos o prácticas para eliminar o reducir la creación de contaminantes o residuos (Muralikrishna y Manickam, 2017). Las tecnologías limpias tienen como objetivo, reducir la huella medioambiental y minimizar la contaminación ambiental (Higgins, 2015).

III. HIPOTÉISIS Y VARIABLES

3.1 HIPÓTESIS

3.1.1 Hipótesis General

El apilamiento de las celdas de combustible planta microbiana (CCPM) cultivadas con la especie *Fragaria spp.* incrementa la obtención de bioelectricidad.

3.1.2 Hipótesis Específicas

- Los valores de las magnitudes eléctricas varían de forma interdependiente en las conexiones en serie permitiendo aumentar la cantidad de voltaje en el apilamiento de celdas de combustible (CCPM) cultivadas con la especie *Fragaria spp.* durante la generación de bioelectricidad.
- Los valores de las magnitudes eléctricas varían de forma interdependiente en las conexiones en paralelo permitiendo aumentar la cantidad de intensidad de corriente del apilamiento de celdas de combustible (CCPM) cultivadas con la especie *Fragaria spp.* durante la generación de bioelectricidad.
- El desarrollo del cultivo *Fragaria spp.* es diferente en cada apilamiento de las celdas de combustible planta microbiana durante la generación de bioelectricidad.

3.2 DEFINICIÓN CONCEPTUAL DE VARIABLES

De acuerdo a Supo (2012) la clasificación de las variables se fundamenta en la búsqueda de la relación causal proveniente de los estudios de nivel investigativo explicativo los cuales pueden ser observacionales o experimentales; en ese sentido, a continuación se presenta el detalle de cada una:

3.2.1 Variable independiente (X)

- Apilamiento de celdas de combustible planta microbiana (CCPM) cultivadas con la especie *Fragaria spp.*

El apilamiento es la conexión de varias celdas de combustible planta microbiana (CCPM) en serie, en paralelo o una combinación de ambos para lograr el voltaje y corriente deseados.

Fragaria spp.

La fresa es una planta herbácea por lo que su sistema radicular es fasciculado caracterizado por sus raíces que presentan un cambium vascular y suberoso, mientras que las raicillas carecen de éste sufren un proceso de renovación fisiológico influenciado por factores ambientales, patógenos de suelo, etc., son de color más claro y tienen un periodo de vida corto (de algunos días o semanas). La profundidad del sistema radicular depende del tipo de suelo y la presencia de patógenos en el mismo. En condiciones óptimas alcanza de 2 a 3 m, aunque normalmente no sobrepasen los 40 cm, encontrándose la mayor parte (90 %) en los primeros 25 cm (Olivera Soto, 2003; Patiño Sierra et al., 2014).

3.2.2 Variable dependiente (Y)

- Generación de bioelectricidad:

Es el proceso mediante el cual las bacterias electrogénicas generan electricidad liberando electrones a partir de sus procesos metabólicos como la respiración (Hernández Gómez y Sánchez Olvera, 2017).

Se puede aprovechar este flujo de electrones (corriente eléctrica) mediante la construcción de una pila o celda de combustible microbiana que consiste en el acoplamiento de electrodos para completar un circuito eléctrico y así alimentar un dispositivo (Ash et al., 2018).

3.2.3 OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLE

Tabla 3

Operacionalización de las variables

VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADOR	ÍNDICES	MÉTODO	TÉCNICA
Variable independiente (X): Apilamiento de celdas de combustible planta microbiana (CCPM) cultivadas con la especie <i>Fragaria spp.</i>	Apilamiento de celdas de combustible planta microbiana (CCPM) Según Pamintuan et al., (2018) el apilamiento consiste en una medida de solución que permite amplificar la potencia eléctrica y corriente generada, mediante la conexión de CCPM individuales en serie o paralelo respectivamente. Según Pamintuan et al., (2020) el apilamiento es la conexión de varias celdas en serie, en paralelo o una combinación de ambos para lograr el voltaje y corriente deseados. Fragaria Spp: La fresa es una planta herbácea por lo que su sistema radicular es fasciculado caracterizado por sus raíces que presentan un cambium vascular y suberoso, mientras que las raicillas carecen de éste sufren un proceso de renovación fisiológico influenciado por factores ambientales, patógenos	El apilamiento de celdas de combustible planta microbiana (CCPM) cultivadas con la especie <i>Fragaria spp.</i> se realiza mediante la conexión de varias celdas en serie y paralelo con la finalidad de analizar el valor resultado de sus magnitudes eléctricas a través de un multímetro digital y ficha de registro. Asimismo, el desarrollo del cultivo <i>Fragaria spp.</i> en el apilamiento de celdas de combustible planta microbiana, se describirá a partir de sus características morfológicas externas con ayuda de una ficha de registro.	Conexiones en serie	Nivel de Voltaje o tensión	-	Experimental	Experimental
				Intensidad de Corriente Eléctrica	-	Experimental	Experimental
				Resistencia interna	-	Experimental	Experimental
			Conexiones en paralelo	Nivel de Voltaje o tensión	-	Experimental	Experimental
				Intensidad de Corriente Eléctrica	-	Experimental	Experimental
				Resistencia interna	-	Experimental	Experimental

VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADOR	ÍNDICES	MÉTODO	TÉCNICA
	de suelo, etc., son de color más claro y tienen un periodo de vida corto (de algunos días o semanas). La profundidad del sistema radicular depende del tipo de suelo y la presencia de patógenos en el mismo. En condiciones óptimas alcanza de 2 a 3 m, aunque normalmente no sobrepasen los 40 cm, encontrándose la mayor parte (90 %) en los primeros 25 cm. (Olivera Soto, 2003; ; Patiño Sierra et al., 2014)			Cantidad de tallos	-	Experimental	Observación experimental
			Morfología externa vegetal	Cantidad de estolones	-	Experimental	Observación experimental
				Cantidad de las hojas	-	Experimental	Observación experimental
Variable dependiente (Y): Generación de Bioelectricidad:	Es el proceso mediante el cual las bacterias electrogénicas generan electricidad liberando electrones a partir de sus procesos metabólicos como la respiración. (Hernández y Sánchez, 2017). Se puede aprovechar este flujo de electrones (corriente eléctrica) mediante la construcción de una pila o celda de combustible microbiana que consiste en el acoplamiento de electrodos para completar un circuito eléctrico y así alimentar un dispositivo (Ash et al., 2018)	La generación de bioelectricidad se analizará a partir de la cantidad de corriente eléctrica total obtenida, la cual está caracterizada por nivel o valor de sus magnitudes eléctricas que se calcularán por medio de un multímetro digital y ficha de registro.	Corriente eléctrica	Potencia eléctrica	-	Experimental	Experimental
				Densidad de potencia eléctrica	-	Experimental	Experimental

Nota. Elaboración propia

IV. DISEÑO METODOLÓGICO

4.1 TIPO Y DISEÑO DE INVESTIGACIÓN

4.1.1 Tipo de investigación

Con la finalidad de definir el tipo de investigación se consultó el libro “Metodología de la investigación” de Daniel S. Behar Rivero y la definición brindada por Esteban Nieto (2018), determinando que la investigación es de tipo aplicada.

Es aplicada puesto que tiene un fin práctico mediante el uso de conocimientos adquiridos y está referida a resultados inmediatos, este tipo de investigación se encuentra interesada en el perfeccionamiento de los individuos implicados en el proceso de la investigación.

La presente investigación tiene como objetivo brindar una alternativa de generación de energía eléctrica renovable que permita el acceso de personas en las zonas rurales o urbanas a esta nueva forma de abastecimiento.

4.1.2 Nivel de investigación

La investigación de nivel aplicativo según Mendoza Vines y Ramírez Franco (2020) son aquellas investigaciones que tienen como objetivo mejorar mediante la intervención de un diseño experimental. Asimismo, Supo (2012) indica que la investigación de nivel aplicativo apuntan a evaluar el éxito de la intervención del investigador.

4.1.3 Enfoque de la investigación

La investigación de enfoque cuantitativo es definida según Ñaupas Paitán et al. (2018) como aquella que emplea métodos y técnicas cuantitativas y por ende tiene que ver con la medición, el uso de magnitudes, la observación y medición de las unidades de análisis, el muestreo y tratamiento estadístico. Asimismo, Vega Malagón et al. (2014) indican que este tipo de investigación se caracteriza por recolectar y analizar datos para responder una o varias preguntas de investigación y probar las hipótesis establecidas previamente, además confía en

la medición numérica, el conteo y frecuentemente en el uso de estadística para establecer con exactitud, patrones de comportamiento en un población.

De acuerdo a lo definido por ambos autores, esta investigación tiene un enfoque cuantitativo pues realizará la medición y análisis de datos cuantitativos durante el funcionamiento de las celdas de combustible planta microbiana (CCPM).

4.1.4 Diseño de investigación

Las investigaciones experimentales se caracterizan porque el investigador puede manipular las variables independientes a su criterio para demostrar su influencia en la variable dependiente, para lo cual debe controlar las variables intervinientes, formar el grupo de control y el grupo experimentación; observar y medir los cambios en la variable dependiente, evitando que factores externos e internos puedan producir hipótesis rivales. Asimismo, existen tres tipos de diseño experimentales: pre-experimentales, cuasi-experimentales y experimentales puros (Ñaupas Paitán et al., 2018). A continuación, definimos cada tipo:

- Pre-experimental: Son aquellos que no reúnen los requisitos de los experimentos puros, y por tanto no tienen validez interna, pero realizan un control mínimo
- Cuasi-experimentales: Son diseños que trabajan con grupos ya formados, no aleatorizados, por tanto, su validez interna es pequeña porque no hay control sobre las variables extrañas. Estos diseños se aplican a situaciones reales en los que no se pueden formar grupos aleatoriamente, pero pueden manipular la variable experimental.
- Experimentales puros: Son los que reúnen las características de control aleatorizado, manipulación, observación y medición, aunque la última característica a veces sea incompleta.

De acuerdo a Supo (2012), los diseños experimentales requieren de dos condiciones: la intervención y asignación aleatoria.

En ese sentido, el diseño de la investigación es de tipo experimental puro, dado que se ejecutaron procedimientos de análisis antes, durante y después de finalizar el proceso de investigación, en este se manipularon los indicadores de

la variable de independiente para observar los efectos que se producen en los indicadores de la variable dependiente, es decir que existe intervención del investigador.

Asimismo, tiene un carácter experimental porque obtiene su información de la actividad intencional realizada por el investigador y se encuentra dirigida a modificar la realidad con el propósito de crear el fenómeno mismo que se indaga, y así poder observarlo.

Se han considerado varios aspectos como la selección de los electrodos, especie vegetal, tipo de sustrato, tipos de conexiones entre celdas, dimensiones de las celdas y la medición de parámetros in situ (voltaje, resistencia, intensidad de corriente, potencia eléctrica y densidad de potencia eléctrica).

4.2 MÉTODO DE INVESTIGACIÓN

En relación al método de investigación, manifestamos que, de acuerdo a la revisión de información bibliográfica, la presente investigación encaja en las siguientes definiciones:

Observación científica: La observación científica es aquella que utiliza hipótesis expresas y manifiestas, a pesar de que se puedan obtener observaciones científicas por azar o no conexas con objetivos de investigación. La observación científica se realiza de manera planificada, controlada y validada. Es un método de investigación en el que se registra cada paso, lo que garantiza que el proceso pueda ser repetido o replicado con otro objeto de estudio para ser comparado. La observación consiste en el registro sistemático, válido y confiable del comportamiento o conducta manifiesta (Behar Rivero, 2008).

La investigación utilizará el método de la observación científica pues recabaremos los datos del fenómeno observable durante el desarrollo de la especie vegetal con el propósito de analizarlo.

Documental:

Este tipo de investigación es la que se realiza, como su nombre lo indica, apoyándose en fuentes de carácter documental, esto es, en documentos de cualquier especie. Como subtipos de esta investigación encontramos la investigación bibliográfica, la hemerográfica y la archivística; la primera se basa en la consulta de libros, la segunda en artículos o ensayos de revistas y periódicos y la tercera en documentos que se encuentran en los archivos, como cartas, oficios, circulares, expedientes, etc. (Behar Rivero, 2008).

Esta investigación inicialmente utiliza el método documental pues se realizó la consulta de diversos documentos (libros, revistas, artículos científicos, etc.), que sirven de soporte y son útiles para alcanzar el propósito del estudio.

Estadístico:

La interpretación y representación de los resultados y procedimientos de la estadística proporcionan los lineamientos generales para elaborar los formatos de presentación y graficación, además de proporcionar los elementos para construir los juicios de valor a partir de los resultados de los análisis estadísticos. (Universidad Veracruzana, 2004). Asimismo, según Barreto-Villanueva (2012) los métodos estadísticos hacen uso de la estadística descriptiva e inferencial para recopilar y estimar caracteres de la población en base a resultados de la muestra.

La investigación utiliza el método estadístico puesto que el objetivo central se alcanzará a través del análisis estadístico de los resultados y la interpretación de estos.

Hipotético – Deductivo:

El método hipotético-deductivo parte de premisas generales para llegar a una conclusión particular, que sería la hipótesis a falsar para contrastar su veracidad, en caso de que lo fuera no solo permitiría el incremento de la teoría de la que partió (generando así un avance cíclico en el conocimiento), sino también el planteamiento de soluciones a problemas tanto de corte teórico o práctico (llamado también pragmático, aplicativo o tecnológico), y en tanto que no, bien

podría impulsar su reformulación hasta agotar los intentos para hacerla veraz, o abandonarla y replantearla sobre la base de otros preceptos teóricos que indiquen una orientación distinta o alternativa a la anterior (Sánchez Flores, 2019).

La investigación emplea el método hipotético deductivo ya que partimos de una hipótesis general e hipótesis específicas, las cuales se someterán a pruebas de veracidad para validarlas.

Para alcanzar los objetivos planteados se investigó experimentalmente el efecto del apilamiento de celdas de combustible planta microbiana (CCPM) cultivadas con la especie *Fragaria spp.* La evaluación se realizó de manera grupal a partir de la conexión de tres celdas hasta nueve celdas conectadas en serie y paralelo.

A continuación, se detalla cada uno de los pasos considerados en el diseño de la investigación:

4.3 POBLACIÓN Y MUESTRA

4.3.1 Población

Se tomó como población a todas las unidades experimentales que conforman un sistema de apilamiento sustrato + planta + electrodos haciendo un total de 54 celdas de combustible planta microbiana, las cuales se construyeron de la siguiente manera:

- La planta corresponde a la especie *Fragaria spp.*
- El sustrato corresponde a una mezcla de compost y tierra orgánica.
- Los electrodos utilizados en las celdas de combustible planta microbiana corresponden a biochar como ánodo y clavos alcayata como cátodos.

4.3.2 Muestra

La muestra estaba conformada por 6 unidades experimentales de análisis, 3 unidades con el tratamiento 1: planta + sustrato + electrodos (Conexiones en serie) y 3 unidades con el tratamiento 2: planta + sustrato + electrodos (Conexiones en paralelo).

A continuación, en las siguientes tablas se detallan las características de la muestra y población:

Tabla 4

Características de la planta seleccionada

Taxonomía de la planta	
Reino:	Vegetal
Familia:	Rosáceas
Subfamilia:	Rosídeas
Género:	Fragaria
Especie:	spp.
Nombre científico:	<i>Fragaria spp.</i>
Nombre común:	Fresa

Nota. Información tomada de Chiqui Chiqui y Lema Cumbe (2010)

Tabla 5

Características del sustrato

Composición del sustrato	Cantidad
Compost	500 gr
Tierra orgánica	1500 gr
Peso total	2000 gr

Nota. Elaboración propia

Tabla 6

Características de los electrodos

Características del ánodo	
Tipo:	Biocarbón o Biochar
Materia prima:	Restos forestales (ramas, hojas, restos del tronco y frutos) de pino
Metodología de producción:	KON -TIKI
Temperatura máxima:	650°C
Características del cátodo	
Tipo:	Clavos de alcayatas estriados
Material:	Aleación de zinc y cromo (acero)
Medida:	4.5 x 100 mm (4 pulgadas)

Nota. Información tomada de Fow (2021)

Asimismo, en la **Tabla 7** se detalla cada tratamiento propuesto:

Tabla 7*Detalle de los tratamientos*

T	Descripción *	No. de celdas por unidad experimental	No. de unidades experimentales por tratamiento**	No. total de celdas
Tratamiento 1	3 grupos de 3 celdas conectadas en serie y unidas mediante conexiones en paralelo, este arreglo conforma una unidad experimental.	9	3	27
Tratamiento 2	3 grupos de 3 celdas conectadas en paralelo y unidas mediante conexiones en serie, este arreglo conforma una unidad experimental.	9	3	27
Total	-	18	6	54

Nota:

T: Tratamiento

(*) Las mediciones dentro de cada tratamiento se realizarán escalonadamente. Para mayor detalle ver la **Tabla 8**.

(**) Se refiere a las repeticiones de cada tratamiento.

Fuente: Elaboración propia

4.3.3 Tipo de muestreo

Se utilizó un tipo de muestreo no probabilístico y por conveniencia, debido a que la selección no dependió de la probabilidad sino de motivos relacionados con el objetivo de la investigación (Cantoni Rabolini, 2009).

4.4 LUGAR DE ESTUDIO Y PERIODO DESARROLLADO

Lugar de estudio: El trabajo se realizó en un invernadero ambientado en la azotea de una vivienda en el distrito de Comas - Lima.

Figura 6

Habilitación del invernadero



Nota. Elaboración propia (**Ver Anexo VI**).

Periodo de evaluación: 25 días

A continuación, detallamos la metodología de trabajo empleada en esta investigación:

4.4.1 Diseño del sistema de apilamiento

Para alcanzar la implementación y operatividad adecuada del sistema de apilamiento de las celdas de combustible planta microbiana (CCPM) se consideraron las siguientes variables de diseño:

A. Selección del tipo de especie vegetal

La especie vegetal representa uno de los parámetros de mayor importancia debido al aporte de material orgánico que este brinda para el consumo bacteriano. En esta investigación se escogió la especie *Fragaria spp.* debido a sus características fisiológicas ya que es un cultivo de tipo perenne con baja densidad de desarrollo radicular y con un tipo de vía fotosintética C4 que favorece la producción de material orgánico en sus raíces, además de no necesitar condiciones específicas para su supervivencia.

Figura 7

Plantas a trasplantar



Nota. Elaboración propia (**Ver Anexo VI**).

Las 54 plantas fueron recolectadas de un Vivero ubicado en el distrito de Ventanilla y conservadas en condiciones ambientales (Gómora Hernández et al., 2020) dentro de un invernadero ambientado en la azotea de una vivienda

en Comas. Cabe señalar que, todas las plantas se regaron dos veces por día con misma cantidad de agua.

B. Selección del tipo de sustrato

El tipo de sustrato juega un papel importante dentro de la celda de combustible planta microbiana porque representa el ambiente en donde se desarrollará la planta y los organismos vivos que intervienen en la generación de bioelectricidad. Este soporte debe mantener un contenido adecuado de nutrientes y humedad para permitir un aumento en el desempeño del sistema de apilamiento, asimismo, la adición de compost al suelo cumple un rol importante pues aumenta el contenido de nitrato y fósforo, es decir, eleva el contenido orgánico del suelo (A. Carmalin y S., 2017).

Se utilizó como sustrato a la combinación de compost y tierra orgánica en una relación de 1 a 4 es decir en un porcentaje del 25% en peso del total.

Figura 8

Composición del sustrato



Nota. Elaboración propia (Ver **Anexo VI**).

C. Selección de electrodos y conductores

Los materiales de los electrodos deben cumplir con algunas características como la conductividad y biocompatibilidad; además deben ser químicamente estables (Patwardhan et al., 2022) para el funcionamiento adecuado del sistema, de manera que permita la obtención de bioelectricidad sin afectar el desarrollo de la planta, suelo y los microorganismos presentes en este ecosistema. Según la bibliografía, diversos materiales pueden emplearse como electrodos, entre ellos destacan el fieltro de carbono, gránulos de carbono, carbón activado y grafito como ánodo y cátodos, también se han utilizado otros tipos de materiales catódicos como cobre, carbono, zinc y cromo. En esta investigación se utilizó biocarbón (biochar) de pino en gránulos como ánodo y clavos alcayatas de 4 pulgadas (aleación de zinc y cromo) como cátodos. La conexión entre ambos electrodos se realizó mediante cables de cobre, los cuales permiten el flujo de electrones desde el ánodo hacia el cátodo (Nguyen y Nitisoravut, 2019).

Figura 9

Biochar empleado como ánodo



Nota. Elaboración propia (**Ver Anexo VI**).

Figura 10

Clavos de alcayata empleados como cátodos



Nota. Elaboración propia (Ver Anexo VI).

Figura 11

Cables conductores



Nota. Elaboración propia (Ver Anexo VI).

D. Dimensiones de las celdas de combustible planta microbiana (CCPM)

El tamaño y forma de las celdas dependió principalmente de la especie vegetal empleada y el tiempo de evaluación, en este caso se utilizó un contenedor circular (balde) de aproximadamente 19 cm x 19 cm x 19 cm debido a que las raíces de la especie escogida alcanzan profundidades máximas de 25 cm hasta 30 cm (Olivera Soto, 2003), estos baldes o macetas se apilaron en grupos de nueve (09) celdas, dónde cada grupo constituye una (01) unidad experimental de análisis.

E. Conexiones entre celdas individuales y en grupo

Las conexiones entre las celdas de combustible planta microbiana se realizaron de manera grupal en combinaciones de serie y paralelo hasta alcanzar un máximo de 3 celdas conectadas en serie o paralelo (K. R.S. Pamintuan et al., 2018) para luego agruparlas mediante conexiones en serie o paralelo según lo indicado en la **Tabla 7**.

Se establecieron en total seis (06) tipos de conexiones en los grupos de 9 celdas de combustible planta microbiana, de las cuales tres (03) tipos corresponden al Tratamiento 1 y las otras tres (03) al Tratamiento 2. A continuación, en la **Tabla 8** se presenta el detalle de cada medición por grupo de nueve (09) celdas.

Tabla 8

Detalle de cada tipo de conexión y medición en cada unidad de análisis experimental

Tratamiento	Repetición	Celdas	Tipo de Conexión		
			Medición 1	Medición 2	Medición 3
T1	1	1,2,3	3S		
		4,5,6	3S	9S	3S-P
		7,8,9	3S		
	2	1,2,3	3S		
		4,5,6	3S	9S	3S-P
		7,8,9	3S		
	3	1,2,3	3S		
		4,5,6	3S	9S	3S-P
		7,8,9	3S		
T2	1	1,2,3	3P	9P	3P-S

Tratamiento	Repetición	Celdas	Tipo de Conexión		
			Medición 1	Medición 2	Medición 3
		4,5,6	3P		
		7,8,9	3P		
	2	1,2,3	3P		
		4,5,6	3P	9P	3P-S
		7,8,9	3P		
	3	1,2,3	3P		
		4,5,6	3P	9P	3PS
		7,8,9	3P		

Nota:

3S: Conexión en serie de las tres celdas señaladas en la columna “**Celdas**”

9S: Conexión en serie de las nueve celdas señaladas en la columna “**Celdas**”

3S-P: Conexión en paralelo de los 3 grupos de 3 celdas conectadas en serie.

3P: Conexión en paralelo de las tres celdas señaladas en la columna “**Celdas**”

9P: Conexión en paralelo de las nueve celdas señaladas en la columna “**Celdas**”

3P-S: Conexión en serie de los 3 grupos de 3 celdas conectadas en serie.

Fuente: Elaboración propia

Las mediciones se realizaron en tres horarios del día (8:00 am, 14:00 pm y 20:00 pm) con la finalidad de evaluar el comportamiento de las magnitudes eléctricas en el transcurso del día. Del mismo modo, se registraron los valores de las 54 celdas individualmente.

En el **Anexo II** se presentan los diagramas que esquematizan cada tratamiento.

4.4.2 Construcción de las celdas de combustible planta microbiana (CCPM)

La construcción de las celdas de combustible planta microbiana (CCPM) se realizó de la siguiente manera:

A. Perforación de los contenedores o baldes

Se realizaron de tres a cuatro agujeros (04) en el fondo de cada contenedor, lo que permitió facilitar el drenaje de agua y los gases de cada CCPM (Kristopher Ray S. Pamintuan, Ancheta, et al., 2020), para realizar esta actividad se empleó un taladro.

Figura 12

Contenedores de las celdas de combustible (CCPM)



Nota. Elaboración propia (Ver Anexo VI).

B. Perforación de las paredes de cada contenedor o balde para introducir los cables conductores de los electrodos (ánodo y cátodo)

Para acoplar el cable conductor que permitió conectar el ánodo con el cátodo se realizó una perforación lateral a 4 cm desde la base hacia la superficie del contenedor; asimismo, para introducir el cátodo en el contenedor se realizó una perforación a 9.5 cm encima de la base.

Figura 13

Contenedores de las celdas de combustible (CCPM)

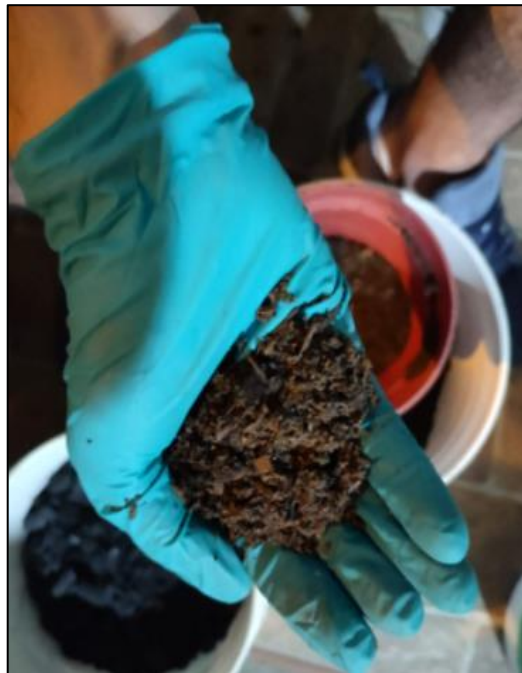


Nota. Elaboración propia (**Ver Anexo VI**).

C. Preparación del sustrato mediante la combinación uniforme de compost (500 gr) y tierra orgánica (1500 gr)

Se realizó el pesado de compost y tierra orgánica en una relación de 1 a 4 del peso total (2000 gr) con una balanza manual, luego se combinaron ambos compuestos hasta homogenizar la mezcla que sirvió de sustrato (Gómora Hernández et al., 2020).

Figura 14
Preparación del sustrato



Nota. Elaboración propia (Ver Anexo VI).

D. Colocación de los componentes en el sistema de celdas de combustible planta microbiana

Se construyeron en total 54 celdas de combustible planta microbiana (CCPM) para evaluar la generación de bioelectricidad en un periodo de 25 días, en los horarios de 8:00, 14:00 y 20:00 horas; a continuación, se detalla el procedimiento llevado a cabo:

1. Se colocó en total dos (02) kilogramos del sustrato previamente homogenizado en cada contenedor o balde, cabe señalar que primero se colocó una capa de sustrato hasta alcanzar un nivel de 4 cm.
2. Luego se colocó el ánodo (biochar) en una cantidad de 25 g distribuido de forma circular en el centro de cada CCPM a 4 cm de la base; asimismo, se utilizó como conductor un cable de cobre el cual está conectado al ánodo.
3. Seguidamente se añadió el sustrato homogenizado hasta alcanzar un nivel de 9.5 cm, nivel en el cual se colocó la planta de fresa en el centro de la CCPM, y posteriormente se completó con sustrato homogenizado hasta cubrir las raíces de la planta.
4. Después, se colocó el cátodo (clavo alcayata) de manera horizontal en la pared de cada CCPM a un nivel de 9.5 cm; además, se acopló un cable de cobre al cátodo, como material conductor.

Figura 15

Celda de combustible planta microbiana



Nota. Fuente: Elaboración propia (**Ver Anexo VI**).

5. Por último, se rotularon y codificaron todas las 54 celdas de combustible planta microbiana de acuerdo al siguiente orden: tipo de tratamiento, número de celda y el número de repetición (Tx-Cx-Rx).

Figura 16

Rotulado de las celdas de combustible planta microbiana



Nota. Elaboración propia (**Ver Anexo VI**).

E. Colocación de los potenciómetros

La resistencia o carga externa del sistema se conectará en cada grupo de nueve casillas para cerrar el circuito utilizando un potenciómetro manual de 500000 ohmios o 500 k Ω (Ramos Pérez Egaña, 2019).

Figura 17

Potenciómetro conectado a la celda de combustible planta microbiana



Nota. Elaboración propia (Ver Anexo VI).

4.4.3 Operación del sistema de apilamiento

Con la finalidad de evaluar la eficiencia del sistema de apilamiento en la generación de bioelectricidad se registraron los valores de voltaje, resistencia interna y la intensidad de corriente eléctrica diariamente en cada grupo de celdas (9 celdas por cada grupo) en circuito abierto y cerrado usando un multímetro digital calibrado y un potenciómetro de 500 k Ω . A partir de estos resultados se realizó el cálculo de la potencia eléctrica y densidad de potencia eléctrica total.

A. Medición de las magnitudes de generación eléctrica

Los parámetros (voltaje, intensidad de corriente eléctrica y resistencia) que caracterizan la generación de bioelectricidad se midieron utilizando un multímetro digital calibrado; en ese sentido, la medición se realizó en cada tratamiento considerando un circuito eléctrico abierto y un circuito eléctrico

cerrado, este último se desarrolló mediante la incorporación de un potenciómetro el cual permitió obtener el voltaje máximo y mínimo.

Figura 18

Medición diaria de las magnitudes eléctricas



Nota. Elaboración propia (Ver Anexo VI).

B. Estimación de generación de bioelectricidad

La estimación de la potencia eléctrica y densidad de potencia eléctrica se calculó utilizando ecuaciones matemáticas a partir de los resultados medidos con el multímetro digital. A continuación, se presentan las ecuaciones utilizadas por cada parámetro mencionado:

- **Potencia eléctrica (W)**

El cálculo de la potencia eléctrica de una CCPM se determinó mediante el producto del voltaje y la intensidad de corriente. Tal como se presenta en la siguiente ecuación:

$$P = I * V$$

Dónde:

P: Potencia eléctrica (Watts)

I: Intensidad de corriente (amperios)

V: Voltaje (Voltios)

- **Densidad de potencia eléctrica (Watt/m²)**

El cálculo de la densidad de potencia eléctrica de una CCPM se determinó mediante la división de la potencia eléctrica entre el área del ánodo. Tal como se presenta en la siguiente ecuación:

$$P_{An} = P/A_{An}$$

Dónde:

P_{An}: Densidad de potencia eléctrica (Watt/m²)

P: Potencia eléctrica (Watt)

A_{An}: Área superficial del ánodo (m²)

4.4.4 Adaptabilidad de la planta

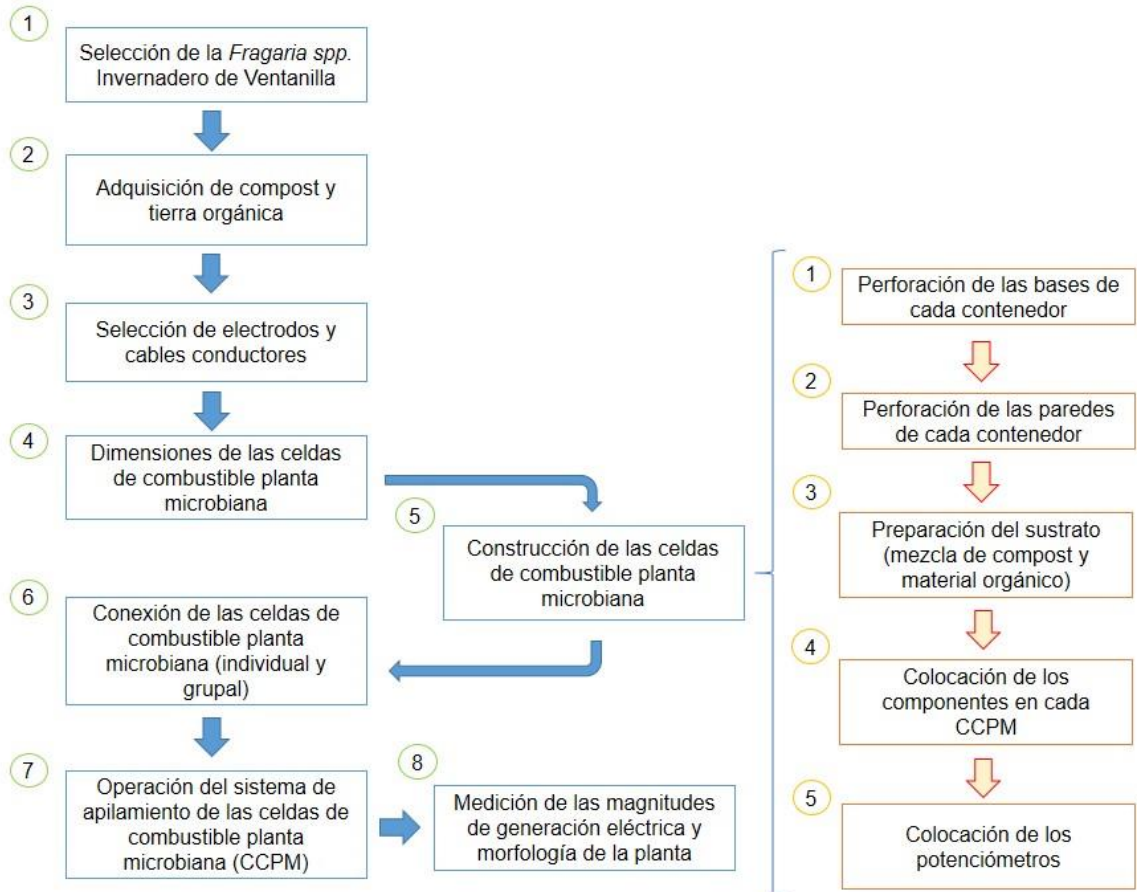
Para determinar la adaptabilidad de la planta dentro del sistema de apilamiento en operación se registraron las características morfológicas externas cuali-cuantitativas. Las pruebas consistieron en observar y registrar los rasgos distintos de las plantas, a continuación, se detalla el procedimiento utilizado:

1. Registro de las características cuali-cuantitativas
 - Cantidad de tallos
 - Cantidad de hojas
 - Cantidad de estolones

Finalmente, a modo de resumir la metodología de la investigación se presenta en la **Gráfica 1** un flujograma que esquematiza por fases la metodología del trabajo.

Gráfica 1

Metodología de trabajo experimental



Nota. Elaboración propia.

4.5 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS PARA LA RECOLECCIÓN DE LA INFORMACIÓN

4.5.1 Técnica

Esta investigación utilizó la técnica de observación experimental, según Ñaupás Paitán et al. (2018) la observación experimental consiste en observar el efecto que genera la manipulación de la variable independiente sobre la variable dependiente.

4.5.2 Instrumentos de recolección de información

En principio, se elaboró una ficha de registro sobre la cual se anotaron todos los valores de los indicadores considerados en el diseño de investigación durante la etapa experimental; sin embargo el instrumento que conduce el experimento fue un multímetro digital de la marca SAMWIN modelo DT830D el cual se encuentra debidamente calibrado y certificado por el laboratorio Analytical Laboratory E.I.R.L., laboratorio acreditado ante el Instituto Nacional de Calidad – DA con base a la Norma-NTP-ISO/IEC 17025, las especificaciones técnicas del multímetro y los documentos antes mencionados se adjuntan en el **Anexo III**; esto permitió llevar un control y registro de las mediciones con la seguridad de obtener resultados veraces y confiables durante el desarrollo de la investigación.

Las técnicas e instrumentos de recolección de información que se utilizaron durante el desarrollo del experimento, son particulares para cada etapa:

Tabla 9

Instrumentos de recolección de información

Variable	Indicadores	Método	Técnica	Instrumento
Variable independiente (X)	Nivel de voltaje	Experimental	Experimental	Multímetro digital
	Intensidad de corriente eléctrica	Experimental	Experimental	Multímetro digital
	Resistencia Interna	Experimental	Experimental	Multímetro digital
	Cantidad de tallos	Experimental	Observación experimental	-(*)
	Cantidad de estolones	Experimental	Observación experimental	-(*)
	Cantidad de hojas	Experimental	Observación experimental	-(*)

Variable	Indicadores	Método	Técnica	Instrumento
Variable dependiente (Y)	Potencia eléctrica	Experimental	Experimental	Multímetro digital
	Densidad de potencia eléctrica	Experimental	Experimental	Multímetro digital

Nota.

() No se coloca instrumento de recolección de información, pues el conteo de los datos morfológicos se realizó mediante la observación; asimismo, estos valores se anotaron en fichas de registro.*

Elaboración propia

4.5.3 Equipos, materiales e insumos utilizados

A. Equipos

- Multímetro digital
- Balanza manual
- Cautín
- Potenciómetro

B. Materiales

- Laptop
- Calculadora
- Pinzas de cocodrilo
- Cinta negra (gutaperche)
- Hojas bond
- Cartulina
- Cinta Masking Tape
- Baldes o contenedores

C. Insumos

- Tierra orgánica (96 kg)
- Compost (32 kg)

- Biochar (10 kg)
- Plantas de fresa (54 unidades)
- Alcayatas (54 unidades)
- Cables de cobre
- Estaño

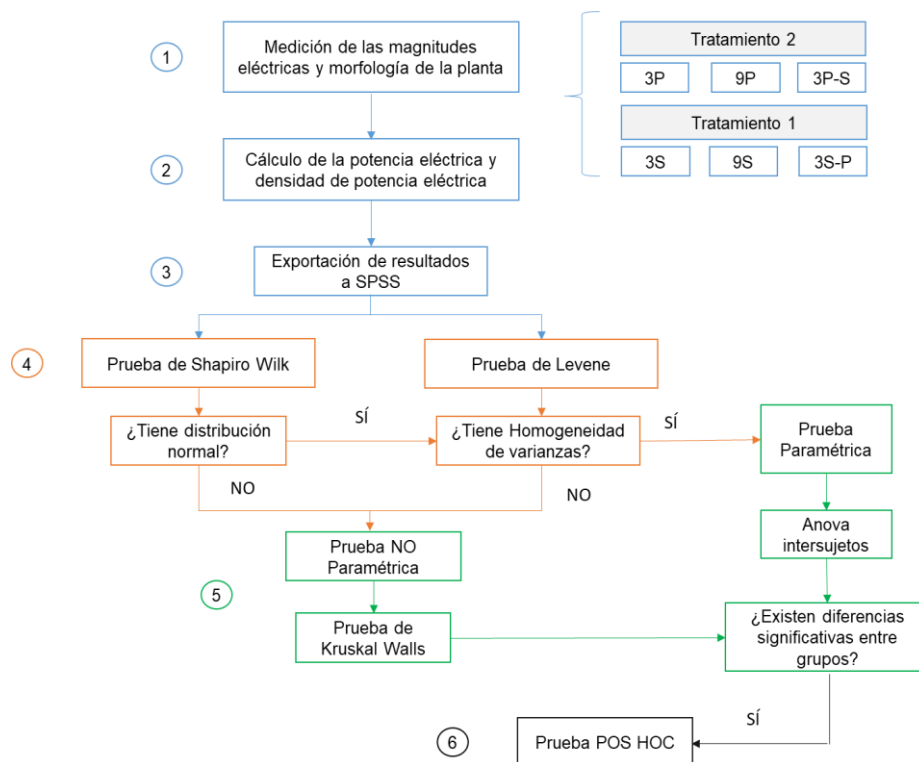
4.6 ANÁLISIS Y PROCESAMIENTO DE DATOS

Los datos obtenidos del trabajo experimental se procesaron con las herramientas de la estadística descriptiva y, análisis de varianza (ANOVA) factorial y se utilizaron pruebas paramétricas o no paramétricas dependiendo de la distribución de los datos, además se consideró un valor de $p < 0.05$ como estadístico de significancia.

También se realizó un contraste de medidas por el método Tukey (POST HOC) en caso existan diferencias significativas.

Gráfica 2

Registro y procesamiento estadístico de los datos registrados



Nota. Adaptado de Flores-ruiz et al. (2017) y elaboración propia

V. RESULTADOS

5.1 RESULTADOS DESCRIPTIVOS

En esta sección, se presentan los resultados en función de los objetivos específicos planteados y la metodología de trabajo; asimismo, es importante señalar que a manera de llevar un registro de las magnitudes eléctricas en cada celda de combustible planta microbiana (en adelante, "CCPM") se ha realizado también la toma de datos de forma individual, con la finalidad de identificar el comportamiento propio de cada celda.

En ese sentido, a continuación, presentamos los resultados descriptivos:

5.1.1 Resultados de las CCPM individuales

En este ítem, se evaluó el comportamiento horario individual del voltaje e intensidad de corriente con el objetivo de identificar en qué día y momento del día se registran los mayores valores de bioelectricidad.

A continuación, se presentan los resultados promedios de las magnitudes eléctricas registradas en las cincuenta y cuatro (54) CCPM de manera individual, medidos durante 25 días de forma diaria con la finalidad de evaluar el comportamiento de la generación eléctrica en cada celda.

A. Voltaje

En el presente ítem evaluamos el comportamiento del voltaje promedio medido en circuito abierto. Las mediciones se realizaron en los horarios de las 8:00 horas, 14:00 horas y 20:00 horas.

Tabla 10

Resultados promedios del voltaje (voltios) de las CCPM por cada tratamiento

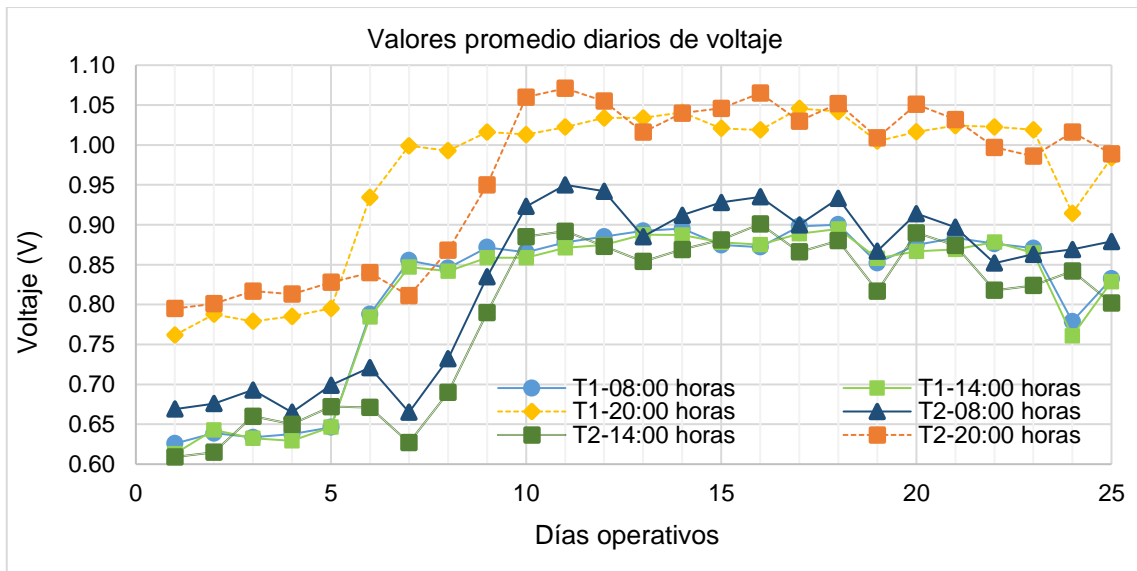
Día	T1			T2		
	8:00 horas	14:00 horas	20:00 horas	8:00 horas	14:00 horas	20:00 horas
1	0.63	0.61	0.76	0.67	0.61	0.80
2	0.64	0.64	0.79	0.68	0.62	0.80
3	0.63	0.63	0.78	0.69	0.66	0.82
4	0.64	0.63	0.79	0.67	0.65	0.81
5	0.65	0.65	0.80	0.70	0.67	0.83
6	0.79	0.78	0.93	0.72	0.67	0.84

Día	T1			T2		
	8:00 horas	14:00 horas	20:00 horas	8:00 horas	14:00 horas	20:00 horas
7	0.86	0.85	1.00	0.67	0.63	0.81
8	0.85	0.84	0.99	0.73	0.69	0.87
9	0.87	0.86	1.02	0.84	0.79	0.95
10	0.87	0.86	1.01	0.92	0.89	1.06
11	0.88	0.87	1.02	0.95	0.89	1.07
12	0.89	0.87	1.03	0.94	0.87	1.06
13	0.89	0.89	1.03	0.89	0.85	1.02
14	0.90	0.89	1.04	0.91	0.87	1.04
15	0.87	0.88	1.02	0.93	0.88	1.05
16	0.87	0.88	1.02	0.94	0.90	1.07
17	0.90	0.89	1.05	0.90	0.87	1.03
18	0.90	0.89	1.04	0.93	0.88	1.05
19	0.85	0.86	1.00	0.87	0.82	1.01
20	0.87	0.87	1.02	0.91	0.89	1.05
21	0.88	0.87	1.02	0.90	0.87	1.03
22	0.88	0.88	1.02	0.85	0.82	1.00
23	0.87	0.86	1.02	0.86	0.82	0.99
24	0.78	0.76	0.91	0.87	0.84	1.02
25	0.83	0.83	0.98	0.88	0.80	0.99

Nota. T1: Tratamiento 1, T2: Tratamiento 2
Fuente: Datos registrados de las mediciones

Gráfica 3

Comportamiento diario de los valores promedio de voltaje en las celdas de combustible planta microbiana



Nota. Elaboración propia.

En la **Gráfica 3** se observa que el valor promedio del voltaje tiende a incrementarse durante las noches (20:00 horas) alcanzando valores máximos de

1.05 V y 1.07 V para el tratamiento 1 y tratamiento 2 respectivamente; asimismo, se evidencia que los valores mínimos se presentan a las 14:00 horas llegando a alcanzar valores de 0.61 V en ambos tratamientos.

B. Intensidad de corriente eléctrica

En relación a la intensidad de corriente eléctrica, esta se midió en mili amperios para cada celda de combustible planta microbiana. Las mediciones se realizaron en los horarios de las 8:00 horas, 14:00 horas y 20:00 horas.

Tabla 11

Resultados promedios de la intensidad de corriente eléctrica (mili amperios) de las CCPM por cada tratamiento

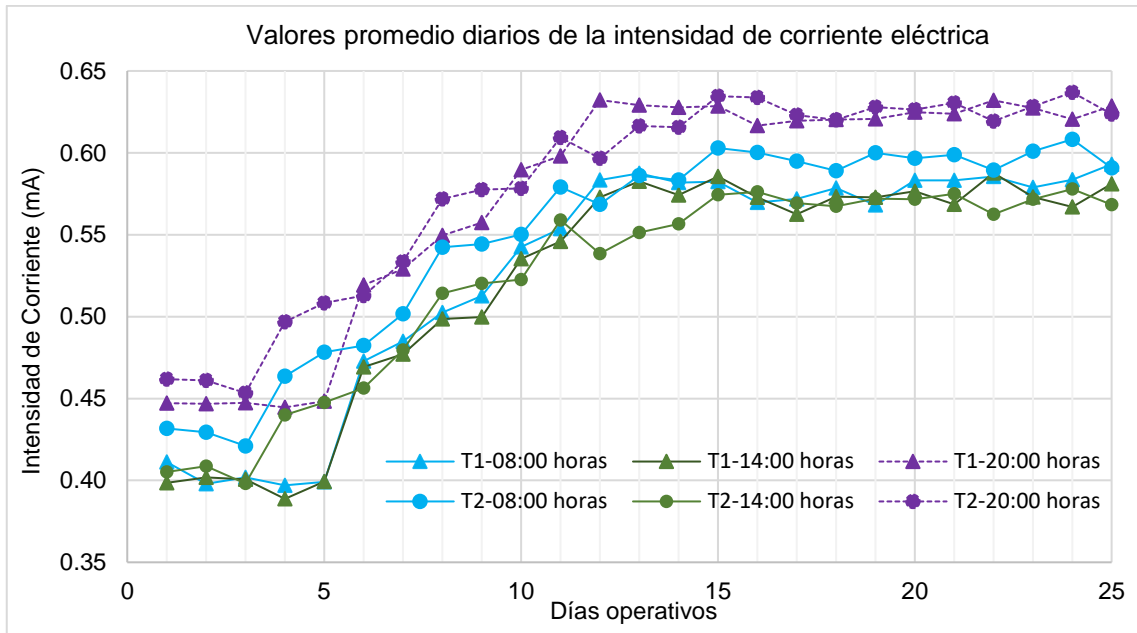
Día	T1			T2		
	8:00 horas	12:00 horas	20:00 horas	8:00 horas	12:00 horas	20:00 horas
1	0.41	0.40	0.45	0.43	0.41	0.46
2	0.40	0.40	0.45	0.43	0.41	0.46
3	0.40	0.40	0.45	0.42	0.40	0.45
4	0.40	0.39	0.44	0.46	0.44	0.50
5	0.40	0.40	0.45	0.48	0.45	0.51
6	0.47	0.47	0.52	0.48	0.46	0.51
7	0.48	0.48	0.53	0.50	0.48	0.53
8	0.50	0.50	0.55	0.54	0.51	0.57
9	0.51	0.50	0.56	0.54	0.52	0.58
10	0.54	0.54	0.59	0.55	0.52	0.58
11	0.55	0.55	0.60	0.58	0.56	0.61
12	0.58	0.57	0.63	0.57	0.54	0.60
13	0.59	0.58	0.63	0.59	0.55	0.62
14	0.58	0.57	0.63	0.58	0.56	0.62
15	0.58	0.59	0.63	0.60	0.57	0.63
16	0.57	0.57	0.62	0.60	0.58	0.63
17	0.57	0.56	0.62	0.60	0.57	0.62
18	0.58	0.57	0.62	0.59	0.57	0.62
19	0.57	0.57	0.62	0.60	0.57	0.63
20	0.58	0.58	0.62	0.60	0.57	0.63
21	0.58	0.57	0.62	0.60	0.58	0.63
22	0.59	0.59	0.63	0.59	0.56	0.62
23	0.58	0.57	0.63	0.60	0.57	0.63
24	0.58	0.57	0.62	0.61	0.58	0.64
25	0.59	0.58	0.63	0.59	0.57	0.62

Nota. T1: Tratamiento 1, T2: Tratamiento 2

Fuente: Datos registrados de las mediciones

Gráfica 4

Comportamiento diario de los valores promedio de la intensidad de corriente eléctrica en las CCPM individuales



Nota. Elaboración propia.

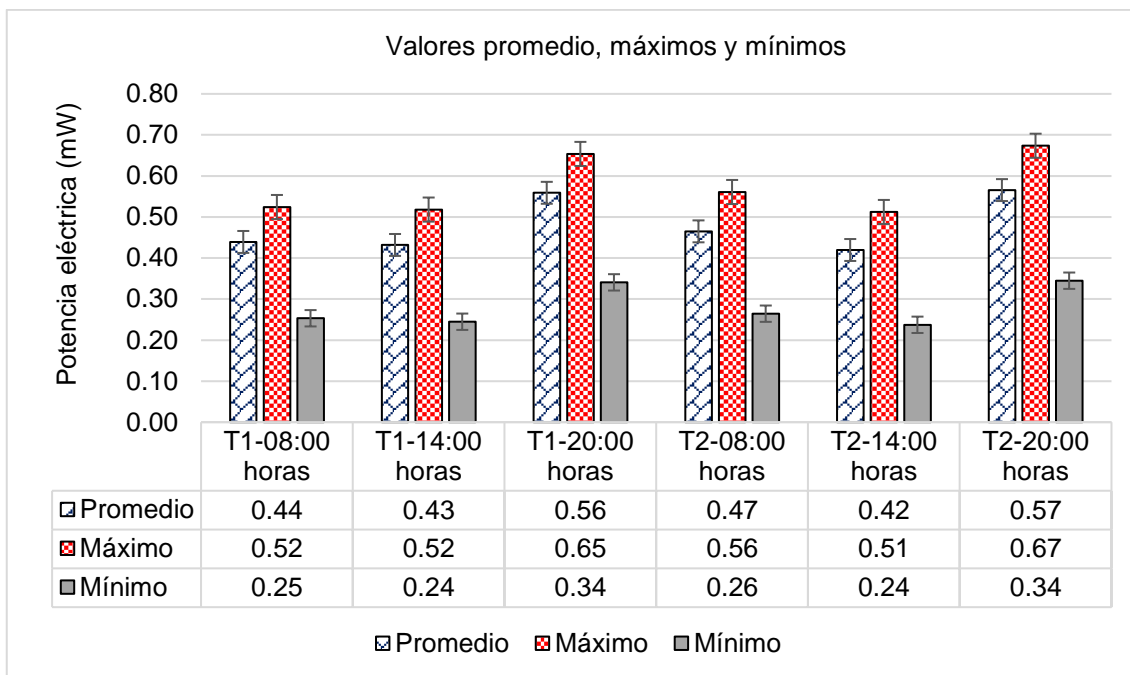
En la **Gráfica 4** se observa que los valores promedio de la intensidad de corriente eléctrica tienen un comportamiento similar al voltaje pues se incrementan en horas de la noche y descienden en horas de la mañana hasta las 14:00 horas. Los valores máximos registrados fueron de 0.63 mA y 0.64 mA para el tratamiento 1 y tratamiento 2, respectivamente.

C. Potencia eléctrica y Densidad de potencia eléctrica

A partir de los valores de voltaje e intensidad de corriente eléctrica, se realizó el cálculo de la potencia eléctrica y densidad de potencia eléctrica, los cuales mostramos a continuación de manera resumida.

Gráfica 5

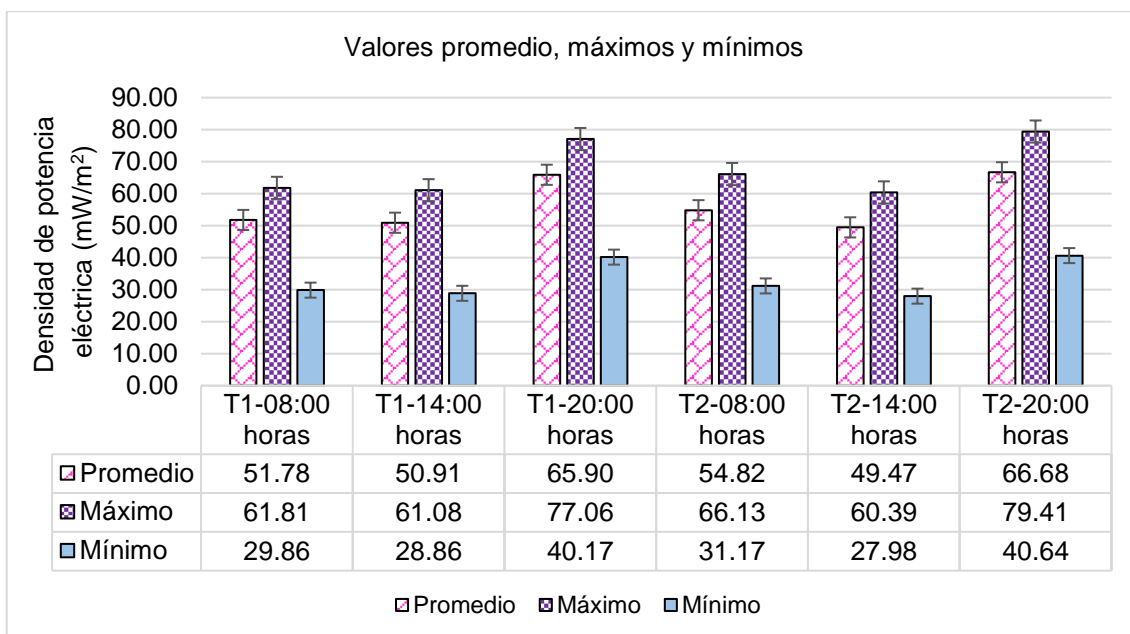
Resultados promedio de la potencia eléctrica en las CCPM individuales



Nota. Elaboración propia.

Gráfica 6

Resultados promedio de la densidad de potencia eléctrica en la CCPM individuales



Nota. Elaboración propia.

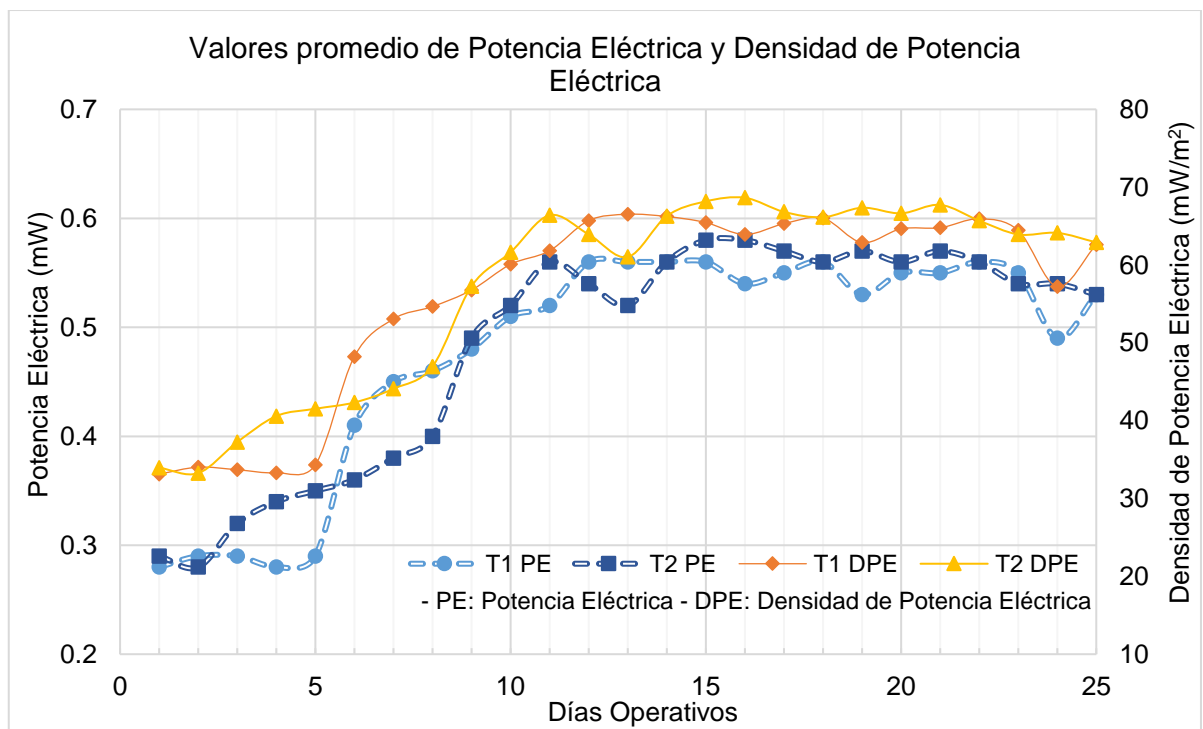
La **Gráfica 5** y **Gráfica 6** muestran los valores promediados de la potencia eléctrica y densidad de potencia eléctrica registradas en todas las celdas de

combustible planta microbiana durante 25 días en ambos tratamientos (Tratamiento 1 y Tratamiento 2); asimismo, se puede apreciar que los valores promedios máximos de la potencia eléctrica y densidad de potencia eléctrica se encuentran por encima de 0.50 mW y 60 mW/m² respectivamente, alcanzando sus mayores valores en el horario nocturno.

Finalmente, en la **Gráfica 7** se muestran los resultados de los valores promedios de la potencia eléctrica y densidad de potencia eléctrica registradas durante 25 días en las celdas de combustible planta microbiana individualmente. Asimismo, apreciamos que los valores tienen una tendencia que va en aumento conforme avanzan los días alcanzando máximos de 0.58 mW y 68.64 mW/m².

Gráfica 7

Valores promedio de la potencia eléctrica y densidad de potencia eléctrica



Nota. Elaboración propia.

5.1.2 Resultados de las CCPM apiladas

En este ítem se evalúa el comportamiento horario de las magnitudes eléctricas de ambos tratamientos medidos en circuito abierto y cerrado, con el objetivo de

identificar en qué día y momento del día se registran los mayores valores de bioelectricidad.

5.1.2.1 Tratamiento 1 (Conexiones en serie)

Según lo mencionado anteriormente, en este apartado se presentan los resultados descriptivos relacionados con el objetivo específico 1 de la investigación, el cual indica lo siguiente:

“Objetivo específico 1: Determinar la variación en los valores de las magnitudes eléctricas del apilamiento de las celdas de combustible planta microbiana (CCPM) cultivadas con la especie *Fragaria spp* conectadas en serie durante la generación de bioelectricidad.”

En ese sentido, en seguida se presentan los resultados del apilamiento de las celdas de combustible planta correspondientes al tratamiento 1.

A. Voltaje, Intensidad de Corriente Eléctrica y Resistencia

A continuación, se presentan los resultados de las magnitudes eléctricas (voltaje, intensidad de corriente eléctrica y resistencia) medidas en el tratamiento 1, el cual se encuentran conformado por las conexiones de tipo 3S, 9S y 3S-P, cabe señalar que estas mediciones se realizaron en circuito abierto y circuito cerrado durante 25 días.

Tabla 12

Resultados promedios del voltaje (voltios) de las CCPM apiladas en el Tratamiento 1- (Circuito Abierto)

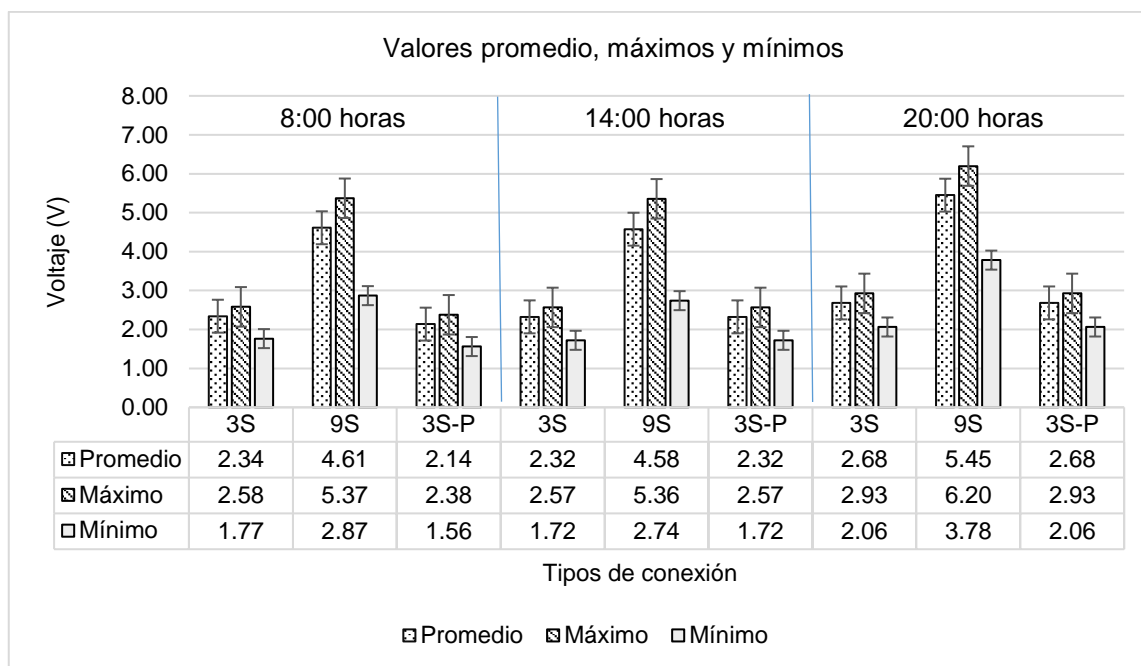
Días	8:00 horas			14:00 horas			20:00 horas		
	3S	9S	3S-P	3S	9S	3S-P	3S	9S	3S-P
1	1.77	2.93	1.56	1.72	2.74	1.72	2.06	3.78	2.06
2	1.80	2.93	1.59	1.81	3.08	1.81	2.15	3.89	2.15

Días	8:00 horas			14:00 horas			20:00 horas		
	3S	9S	3S-P	3S	9S	3S-P	3S	9S	3S-P
3	1.78	2.87	1.58	1.78	2.99	1.78	2.13	3.83	2.13
4	1.80	3.12	1.60	1.77	2.75	1.77	2.15	3.89	2.15
5	1.82	2.99	1.62	1.82	3.06	1.82	2.18	3.89	2.18
6	2.25	4.41	2.04	2.24	4.45	2.24	2.59	5.28	2.59
7	2.45	4.99	2.25	2.43	4.82	2.43	2.79	5.69	2.79
8	2.42	4.87	2.21	2.41	4.81	2.41	2.77	5.76	2.77
9	2.50	5.02	2.30	2.46	5.01	2.46	2.84	6.04	2.84
10	2.48	5.05	2.28	2.46	5.02	2.46	2.84	5.77	2.84
11	2.52	5.20	2.31	2.50	5.18	2.50	2.85	6.08	2.85
12	2.54	5.22	2.34	2.51	5.09	2.51	2.88	6.11	2.88
13	2.56	5.29	2.36	2.54	5.18	2.54	2.89	6.05	2.89
14	2.57	5.31	2.36	2.55	5.32	2.55	2.92	6.13	2.92
15	2.52	5.19	2.32	2.52	5.18	2.52	2.85	6.00	2.85
16	2.50	5.10	2.30	2.51	5.28	2.51	2.85	5.82	2.85
17	2.58	5.32	2.38	2.55	5.16	2.55	2.93	6.20	2.93
18	2.58	5.37	2.37	2.57	5.36	2.57	2.91	6.00	2.91
19	2.44	4.79	2.24	2.46	4.94	2.46	2.81	5.70	2.81
20	2.51	5.07	2.31	2.49	5.08	2.49	2.85	5.91	2.85
21	2.54	5.09	2.33	2.49	5.06	2.49	2.87	6.00	2.87
22	2.51	5.11	2.31	2.51	5.20	2.51	2.86	5.98	2.86
23	2.50	5.10	2.29	2.48	4.95	2.48	2.81	5.77	2.81
24	2.22	4.23	2.02	2.16	4.03	2.16	2.53	4.98	2.53
25	2.38	4.75	2.18	2.37	4.67	2.37	2.74	5.67	2.74
Promedio	2.34	4.61	2.14	2.32	4.58	2.32	2.68	5.45	2.68
Máximo	2.58	5.37	2.38	2.57	5.36	2.57	2.93	6.20	2.93
Mínimo	1.77	2.87	1.56	1.72	2.74	1.72	2.06	3.78	2.06

Nota. Datos registrados de las mediciones.

Gráfica 8

Resultados del voltaje promedio en circuito abierto en el Tratamiento 1



Nota. Elaboración propia.

Según la **Tabla 12** y **Gráfica 8** se evidencia que los valores del voltaje varían de forma ascendente con el transcurso de los días en los tres tipos de conexiones (3S, 9S y 3S-P) alcanzando sus mayores valores promedio en la conexión de tipo 9S con 6.20 V en horas de la noche. Por otro lado, las conexiones de tipo 3S y 3S-P tienen valores promedios de voltaje muy cercanos lo cual obedece la teoría de los circuitos eléctricos.

Tabla 13

Resultados promedios del voltaje (voltios) de las CCPM apiladas en el Tratamiento 1- (Circuito Cerrado)

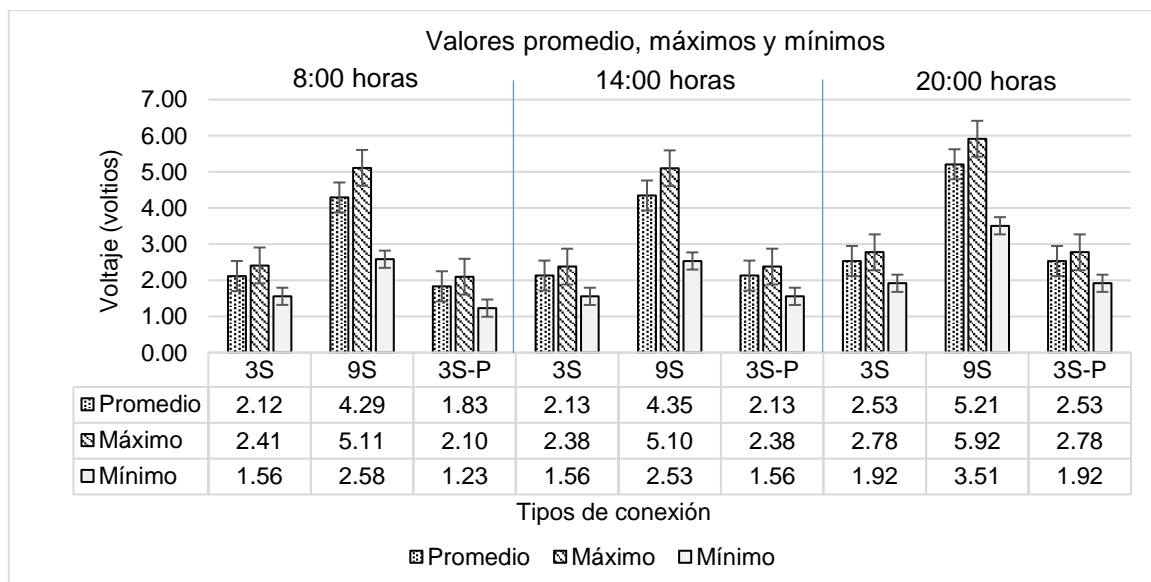
Días	8:00 horas			14:00 horas			20:00 horas		
	3S	9S	3S-P	3S	9S	3S-P	3S	9S	3S-P
1	1.56	2.66	1.23	1.56	2.53	1.56	1.92	3.51	1.92
2	1.61	2.58	1.32	1.62	2.83	1.62	2.01	3.65	2.01
3	1.58	2.61	1.27	1.59	2.77	1.59	2.01	3.59	2.01
4	1.58	2.75	1.26	1.59	2.59	1.59	2.02	3.71	2.02
5	1.58	2.66	1.32	1.62	2.87	1.62	2.00	3.63	2.00
6	2.02	4.08	1.69	2.03	4.11	2.03	2.45	5.05	2.45
7	2.25	4.63	1.98	2.23	4.64	2.23	2.63	5.47	2.63
8	2.17	4.54	1.91	2.24	4.60	2.24	2.63	5.58	2.63
9	2.27	4.74	1.99	2.26	4.79	2.26	2.70	5.81	2.70
10	2.23	4.55	1.93	2.26	4.74	2.26	2.67	5.56	2.67

Días	8:00 horas			14:00 horas			20:00 horas		
	3S	9S	3S-P	3S	9S	3S-P	3S	9S	3S-P
11	2.27	4.83	1.99	2.29	4.93	2.29	2.71	5.82	2.71
12	2.34	4.96	2.06	2.30	4.94	2.30	2.74	5.84	2.74
13	2.35	4.97	2.07	2.36	4.95	2.36	2.75	5.80	2.75
14	2.34	4.96	2.06	2.33	5.10	2.33	2.78	5.86	2.78
15	2.27	4.82	1.99	2.30	4.98	2.30	2.72	5.79	2.72
16	2.26	4.86	1.98	2.30	4.99	2.30	2.70	5.55	2.70
17	2.37	5.11	2.10	2.37	4.94	2.37	2.77	5.92	2.77
18	2.41	5.03	2.10	2.38	5.09	2.38	2.77	5.79	2.77
19	2.18	4.47	1.91	2.27	4.75	2.27	2.66	5.44	2.66
20	2.27	4.72	1.96	2.30	4.84	2.30	2.69	5.66	2.69
21	2.35	4.80	2.03	2.30	4.85	2.30	2.71	5.80	2.71
22	2.29	4.76	2.04	2.32	4.97	2.32	2.68	5.71	2.68
23	2.27	4.81	2.02	2.28	4.69	2.28	2.66	5.57	2.66
24	2.00	3.95	1.75	1.97	3.78	1.97	2.40	4.75	2.40
25	2.17	4.44	1.90	2.18	4.40	2.18	2.59	5.40	2.59
Promedio	2.12	4.29	1.83	2.13	4.35	2.13	2.53	5.21	2.53
Máximo	2.41	5.11	2.10	2.38	5.10	2.38	2.78	5.92	2.78
Mínimo	1.56	2.58	1.23	1.56	2.53	1.56	1.92	3.51	1.92

Nota. Datos registrados de las mediciones.

Gráfica 9

Resultados del voltaje promedio en circuito cerrado en el Tratamiento 1



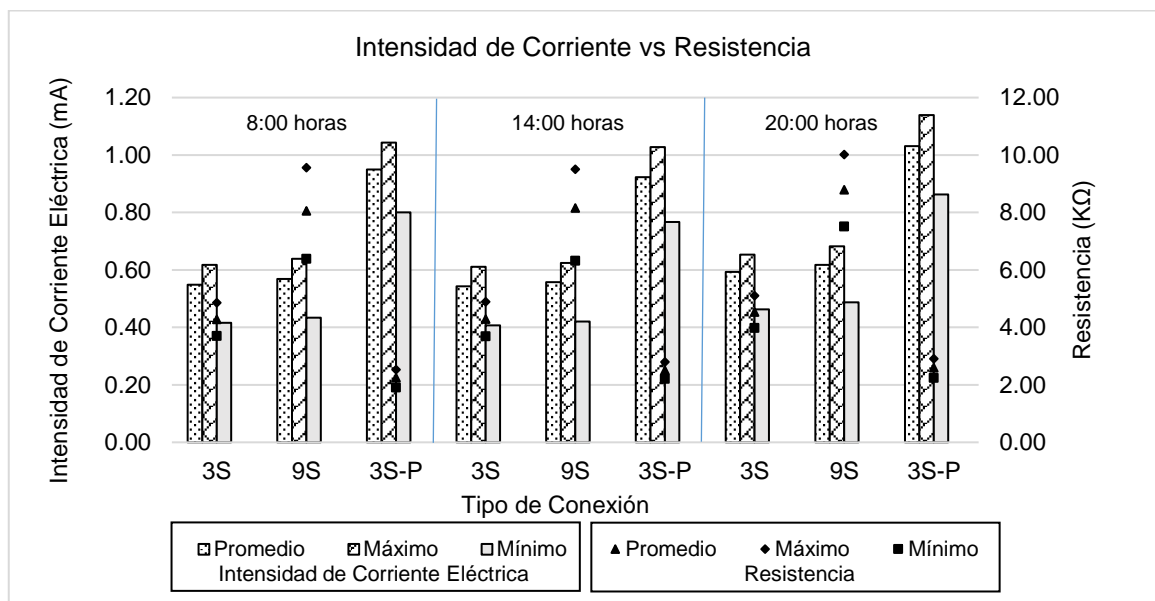
Nota. Elaboración propia.

Según la **Tabla 13** y la **Gráfica 9** se evidencia que los valores promedio del voltaje varían de forma ascendente con el transcurso de los días en los tres tipos de conexiones (3S, 9S y 3S-P) alcanzando sus mayores valores en la conexión de tipo 9S con 5.92 V en horas de la noche. Por otro lado, las conexiones de tipo 3S y 3S-P tienen valores promedio de voltaje muy cercanos lo cual obedece a la teoría de los circuitos eléctricos.

Con respecto a los valores de la intensidad de corriente eléctrica y resistencia eléctrica medidos en circuito abierto, en la **Gráfica 10** se observa que los valores máximos de corriente eléctrica se obtienen en la conexión de tipo 3S-P alcanzando valores por encima de 1 mA; asimismo, se evidencia que los menores valores de resistencia se encuentran en la conexión de tipo 3S-P y los mayores se ubican en las conexiones tipo 9S, esta tendencia se manifiesta en los tres tipos de horarios. De igual manera, al hacer la conexión contra una resistencia de 500 k Ω , es decir al cerrar el circuito eléctrico los valores de intensidad de corriente eléctrica y resistencia eléctrica presentan la misma tendencia (Ver **Gráfica 11**).

Gráfica 10

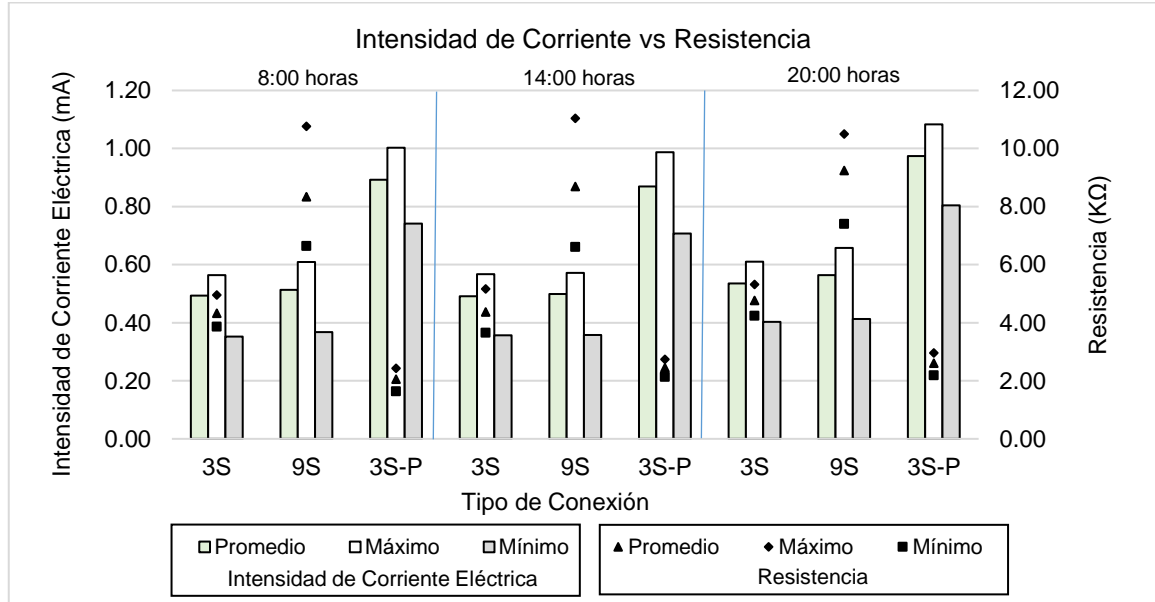
Resultados de la intensidad de corriente eléctrica y resistencia – (Circuito abierto) en el Tratamiento 1



Nota. Elaboración propia.

Gráfica 11

Resultados de la intensidad de corriente eléctrica y resistencia – (Circuito cerrado) en el Tratamiento 1



Nota. Elaboración propia.

B. Potencia Eléctrica y Densidad de Potencia Eléctrica

A continuación, se presentan los resultados del cálculo de la potencia eléctrica y densidad de potencia eléctrica obtenidos a partir del voltaje e intensidad de corriente eléctrica, correspondientes al tratamiento 1 el cual se encuentra conformado por las conexiones de tipo 3S, 9S y 3S-P, cabe señalar que estas mediciones se realizaron en circuito abierto y circuito cerrado durante 25 días.

Tabla 14

Resultados promedios, máximos y mínimos de la potencia eléctrica (mili watts) de las CCPM apiladas en el Tratamiento 1- (Circuito abierto)

Circuito abierto	8:00 horas			14:00 horas			20:00 horas		
	3S	9S	3S-P	3S	9S	3S-P	3S	9S	3S-P
Promedio	1.30	2.68	2.05	1.28	2.60	2.17	1.61	3.42	2.78
Máximo	1.56	3.33	2.44	1.54	3.26	2.58	1.89	4.16	3.29
Mínimo	0.75	1.27	1.28	0.72	1.16	1.33	0.96	1.84	1.78

Nota. Datos registrados de las mediciones

Tabla 15

Resultados promedios, máximos y mínimos de la potencia eléctrica (mili watts) de las CCPM apiladas en el Tratamiento 1- (Circuito cerrado)

Circuito cerrado	8:00 horas			14:00 horas			20:00 horas		
	3S	9S	3S-P	3S	9S	3S-P	3S	9S	3S-P
Promedio	1.06	2.26	1.66	1.06	2.22	1.87	1.52	3.27	2.63
Máximo	1.33	2.94	2.02	1.31	2.87	2.28	1.80	3.98	3.13
Mínimo	0.56	0.97	0.93	0.56	0.92	1.13	0.90	1.71	1.66

Nota. Datos registrados de las mediciones

Tal como se observa en la **Tabla 14** y la **Tabla 15** los valores de la potencia eléctrica alcanzan sus mayores valores en las conexiones de tipo 9S y 3S-P, es decir en aquellas configuraciones que tienen 9 celdas de combustible planta microbiana apiladas.

Tabla 16

Resultados promedios, máximos y mínimos de la densidad de potencia eléctrica (mili watts/m²) de las CCPM apiladas en el Tratamiento 1- (Circuito abierto)

Circuito abierto	8:00 horas			14:00 horas			20:00 horas		
	3S	9S	3S-P	3S	9S	3S-P	3S	9S	3S-P
Promedio	153.6	105.2	80.5	150.9	102.3	85.1	189.6	134.4	109.3
Máximo	183.5	130.8	95.7	181.1	128.0	101.5	223.0	163.4	129.4
Mínimo	88.3	49.9	50.2	84.9	45.4	52.3	113.5	72.4	70.0

Nota. Datos registrados de las mediciones

Tabla 17

Resultados promedios, máximos y mínimos de la densidad de potencia eléctrica (mili watts/m²) de las CCPM apiladas en el Tratamiento 1- (Circuito cerrado)

Circuito cerrado	8:00 horas			14:00 horas			20:00 horas		
	3S	9S	3S-P	3S	9S	3S-P	3S	9S	3S-P
Promedio	125.4	128.6	103.4	125.5	87.4	73.6	179.2	128.6	103.4
Máximo	157.2	156.3	123.1	154.6	112.6	89.4	211.8	156.3	123.1
Mínimo	65.6	67.2	65.0	65.5	36.2	44.2	105.5	67.1	65.0

Nota. Datos registrados de las mediciones

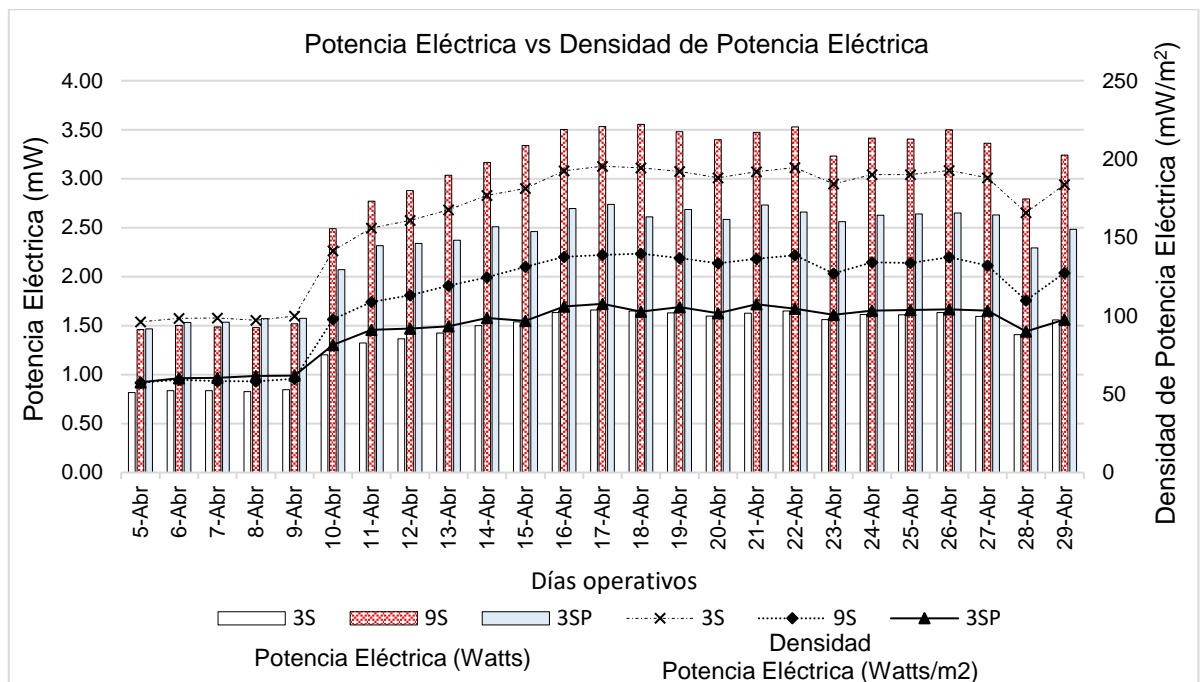
Según los resultados presentados en la **Tabla 16** y **Tabla 17** los valores de la densidad de potencia eléctrica alcanzan sus mayores valores en las conexiones de tipo 3S en horas de la noche, este resultado guarda relación con la teoría pues la densidad de potencia eléctrica es inversamente proporcional al área

superficial total del ánodo. Cabe señalar que, el área superficial del ánodo en este tipo de conexión (3S) es igual a la tercera parte de las otras dos configuraciones (9S y 3S-P), debido a que en la conexión de tipo 3S se apilan 3 celdas y en las conexiones de tipo 9S y 3S-P se apilan 9 celdas en cada una.

Finalmente, la **Gráfica 12** muestra el comportamiento diario de ambas magnitudes en todos los tipos de conexiones correspondientes al tratamiento 1 (conexiones en serie), en donde observamos que los valores de potencia eléctrica tienen oscilaciones que van en aumento desde el primer día de operación hasta alcanzar valores picos de 4.16 mW; asimismo la densidad de potencia eléctrica también aumenta conforme avanzan los días alcanzando valores máximos de 223.05 mW/m².

Gráfica 12

Comportamiento de la Potencia Eléctrica y Densidad de Potencia Eléctrica



Nota. Elaboración propia.

5.1.2.2 Tratamiento 2 (Conexiones en paralelo)

En línea con lo mencionado anteriormente, en este apartado se presentan los resultados descriptivos relacionados con el objetivo específico 2 de la investigación, el cual indica lo siguiente:

“Objetivo específico 2: Determinar la variación en los valores de las magnitudes eléctricas del apilamiento de las celdas de combustible planta microbiana (CCPM) cultivadas con la especie *Fragaria spp* conectadas en paralelo durante la generación de bioelectricidad.”

En ese sentido, en seguida se presentan los resultados del apilamiento de las celdas de combustible planta microbiana correspondientes al tratamiento 2.

A. Intensidad de Corriente Eléctrica, Voltaje y Resistencia

En este ítem se presentan los resultados de las magnitudes eléctricas (intensidad de corriente eléctrica, voltaje y resistencia) medidas en el tratamiento 2, el cual se encuentran conformado por las configuraciones de tipo 3P, 9P y 3P-S en tres diferentes horarios 08:00, 14:00 y 20:00 horas, cabe señalar que estas mediciones se realizaron en circuito abierto y circuito cerrado durante 25 días.

Tabla 18

Resultados promedios de la intensidad de corriente (mili amperios) de las CCPM apiladas en el Tratamiento 2 - (Circuito Abierto)

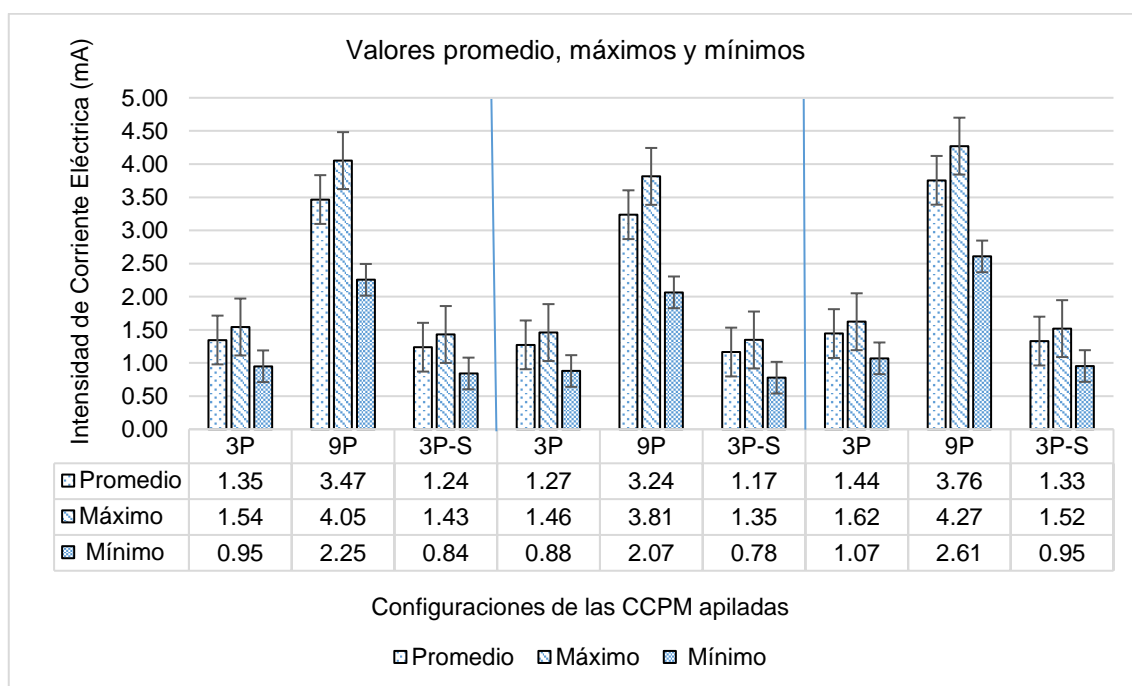
Días	8:00 horas			14:00 horas			20:00 horas		
	3P	9P	3P-S	3P	9P	3P-S	3P	9P	3P-S
1	1.00	2.48	0.89	0.90	2.09	0.79	1.07	2.66	0.96
2	0.99	2.43	0.87	0.95	2.29	0.84	1.10	2.72	0.98
3	0.95	2.25	0.84	0.88	2.07	0.78	1.07	2.61	0.95
4	1.08	2.71	0.97	0.97	2.34	0.87	1.22	3.10	1.11
5	1.13	2.81	1.02	1.03	2.51	0.93	1.26	3.21	1.15
6	1.15	2.87	1.05	1.08	2.64	0.98	1.23	3.11	1.13
7	1.19	2.98	1.09	1.14	2.83	1.05	1.28	3.27	1.18
8	1.29	3.29	1.19	1.23	3.08	1.11	1.40	3.63	1.30
9	1.32	3.42	1.21	1.28	3.28	1.17	1.43	3.73	1.31
10	1.34	3.46	1.24	1.30	3.30	1.20	1.44	3.75	1.32
11	1.49	3.88	1.37	1.39	3.61	1.30	1.60	4.23	1.47
12	1.43	3.69	1.32	1.34	3.47	1.23	1.49	3.87	1.37
13	1.46	3.81	1.36	1.32	3.35	1.21	1.52	4.01	1.41

Días	8:00 horas			14:00 horas			20:00 horas		
	3P	9P	3P-S	3P	9P	3P-S	3P	9P	3P-S
14	1.41	3.65	1.29	1.38	3.59	1.28	1.56	4.09	1.44
15	1.51	3.95	1.40	1.46	3.80	1.34	1.59	4.22	1.49
16	1.49	3.91	1.39	1.42	3.66	1.31	1.55	4.07	1.44
17	1.43	3.67	1.31	1.37	3.51	1.25	1.51	3.95	1.40
18	1.44	3.78	1.33	1.43	3.71	1.31	1.60	4.24	1.49
19	1.52	4.00	1.39	1.46	3.81	1.35	1.62	4.27	1.52
20	1.53	3.95	1.43	1.45	3.76	1.34	1.58	4.15	1.48
21	1.48	3.86	1.39	1.44	3.75	1.34	1.57	4.17	1.46
22	1.49	3.90	1.38	1.38	3.55	1.26	1.58	4.14	1.48
23	1.53	4.03	1.42	1.42	3.67	1.32	1.61	4.27	1.49
24	1.54	4.05	1.43	1.41	3.62	1.31	1.60	4.24	1.49
25	1.46	3.80	1.35	1.39	3.63	1.29	1.59	4.19	1.46
Promedio	1.35	3.47	1.24	1.27	3.24	1.17	1.44	3.76	1.33
Máximo	1.54	4.05	1.43	1.46	3.81	1.35	1.62	4.27	1.52
Mínimo	0.95	2.25	0.84	0.88	2.07	0.78	1.07	2.61	0.95

Nota. Datos registrados de las mediciones

Gráfica 13

Resultados de la intensidad de corriente eléctrica promedio en circuito abierto



Nota. Elaboración propia.

Según la **Tabla 18** y **Gráfica 13** se observa que los valores de la intensidad de corriente eléctrica en circuito abierto varían en forma ascendente con el

transcurso de los días en los tres tipos de conexiones (3P, 9P y 3P-S) alcanzando sus mayores valores promedio en la conexión de tipo 9P con 4.27 mili amperios en horas de la noche. Por otro lado, las conexiones de tipo 3P y 3P-S tienen valores promedios de intensidad de corriente eléctrica similares.

Tabla 19

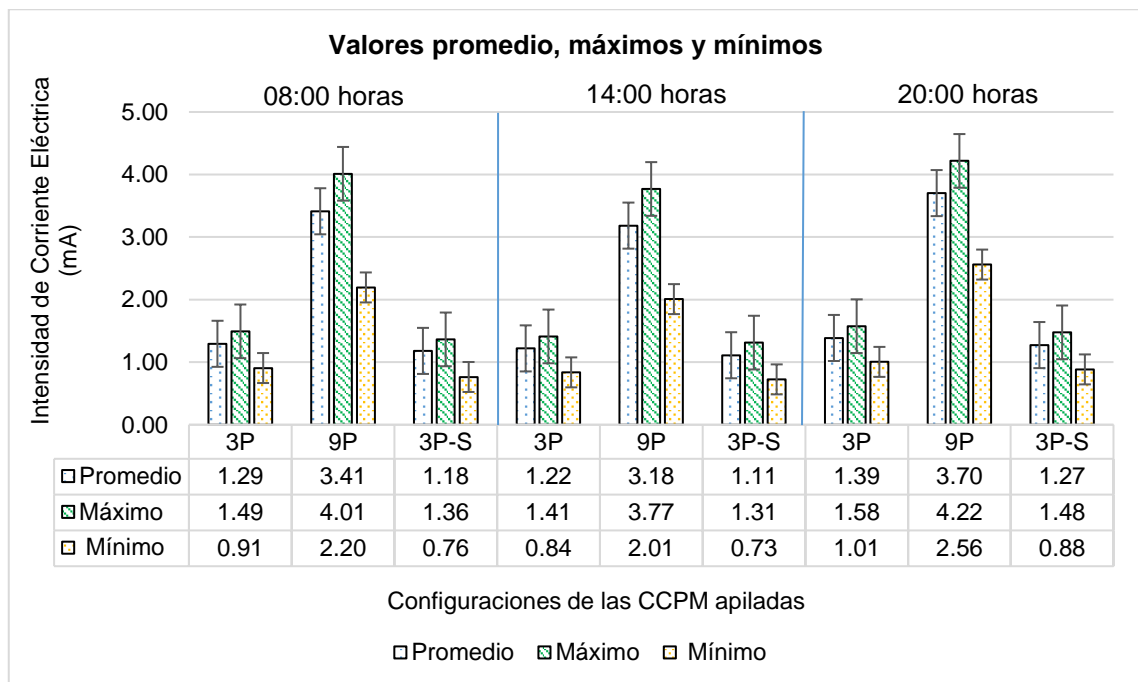
Resultados promedios de la intensidad de corriente (mili amperios) de las CCPM apiladas en el Tratamiento 2- (Circuito Cerrado)

Días	8:00 horas			14:00 horas			20:00 horas		
	3P	9P	3P-S	3P	9P	3P-S	3P	9P	3P-S
1	0.95	2.42	0.84	0.85	2.04	0.73	1.01	2.61	0.91
2	0.96	2.38	0.82	0.92	2.23	0.80	1.06	2.67	0.94
3	0.91	2.20	0.76	0.84	2.01	0.74	1.01	2.56	0.88
4	1.04	2.67	0.94	0.93	2.26	0.81	1.16	3.04	1.03
5	1.08	2.76	0.96	0.98	2.43	0.84	1.21	3.14	1.08
6	1.09	2.83	1.02	1.03	2.58	0.92	1.19	3.07	1.07
7	1.13	2.91	1.03	1.09	2.77	0.96	1.24	3.23	1.11
8	1.23	3.24	1.12	1.15	3.05	1.08	1.36	3.57	1.24
9	1.27	3.39	1.15	1.23	3.25	1.09	1.37	3.71	1.27
10	1.30	3.39	1.15	1.24	3.24	1.15	1.39	3.69	1.24
11	1.42	3.83	1.34	1.33	3.54	1.25	1.54	4.16	1.43
12	1.38	3.65	1.25	1.28	3.42	1.18	1.43	3.81	1.32
13	1.40	3.77	1.31	1.28	3.30	1.15	1.45	3.98	1.34
14	1.34	3.58	1.23	1.33	3.54	1.22	1.50	4.04	1.39
15	1.47	3.89	1.35	1.41	3.74	1.31	1.53	4.15	1.43
16	1.44	3.83	1.36	1.37	3.63	1.27	1.49	4.03	1.39
17	1.37	3.63	1.26	1.31	3.43	1.20	1.46	3.89	1.34
18	1.39	3.72	1.28	1.37	3.65	1.26	1.54	4.20	1.42
19	1.47	3.94	1.33	1.40	3.77	1.29	1.57	4.18	1.48
20	1.48	3.90	1.34	1.40	3.71	1.31	1.51	4.09	1.45
21	1.42	3.84	1.31	1.38	3.71	1.29	1.51	4.10	1.43
22	1.44	3.88	1.32	1.34	3.49	1.20	1.52	4.11	1.41
23	1.49	3.95	1.36	1.36	3.62	1.24	1.58	4.22	1.41
24	1.49	4.01	1.36	1.35	3.59	1.23	1.54	4.18	1.42
25	1.41	3.74	1.32	1.34	3.60	1.24	1.52	4.14	1.42
Promedio	1.29	3.41	1.18	1.22	3.18	1.11	1.39	3.70	1.27
Máximo	1.49	4.01	1.36	1.41	3.77	1.31	1.58	4.22	1.48
Mínimo	0.91	2.20	0.76	0.84	2.01	0.73	1.01	2.56	0.88

Nota. Datos registrados de las mediciones

Gráfica 14

Resultados de la intensidad de corriente eléctrica promedio en circuito cerrado



Nota. Elaboración propia.

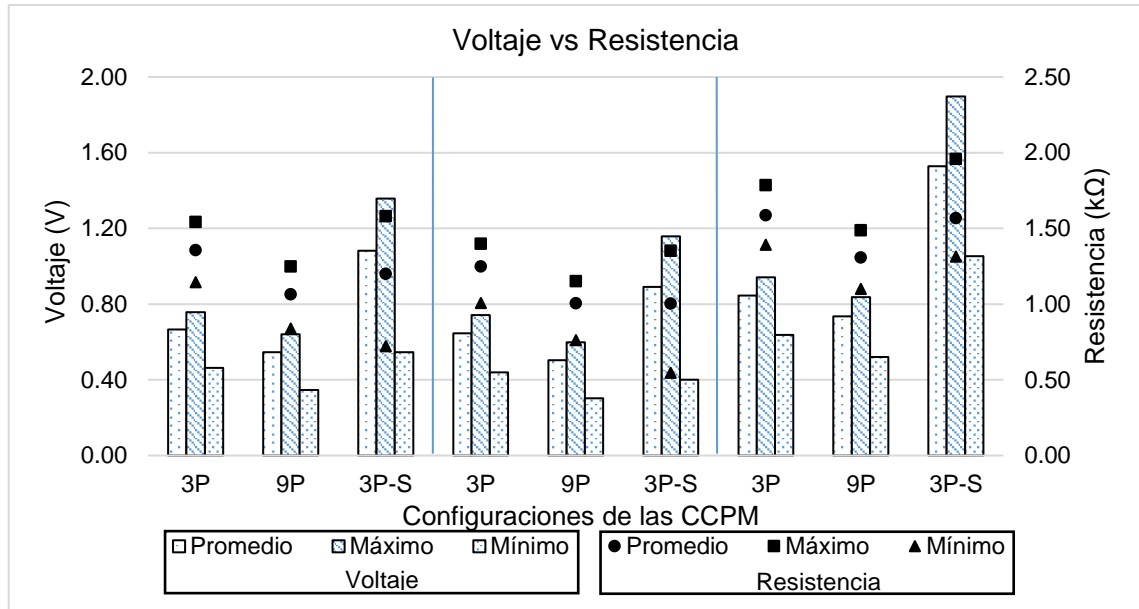
Según la **Tabla 19** y **Gráfica 14** se evidencia que los valores promedios de la intensidad de corriente eléctrica en circuito cerrado varían de forma ascendente con el transcurso de los días en los tres tipos de conexiones (3P, 9P y 3P-S) alcanzando sus mayores valores en la conexión de tipo 9P con 4.22 mA en horas de la noche. Por otro lado, las conexiones de tipo 3P y 3P-S tienen valores promedios de intensidad de corriente eléctrica muy cercanos lo cual obedece la teoría de los circuitos eléctricos.

Con respecto a los valores del voltaje y resistencia eléctrica medidos en circuito abierto, en la **Gráfica 15** se observa que los valores máximos de voltaje se obtienen en la conexión de tipo 3P-S alcanzando valores cercanos a los 2V (1.898 V) a las 20:00 horas; asimismo, se evidencia que los menores valores de resistencia se encuentran en la conexión de tipo 3P-S a las 14:00 horas (0.55 k Ω) y los mayores se ubican en las conexiones tipo 3P-S a las 20:00 horas (1.96 k Ω), esta tendencia se manifiesta en los tres tipos de horarios. De igual manera, al hacer la conexión contra una resistencia de 500 k Ω , es decir al cerrar el circuito

eléctrico los valores de voltaje y resistencia eléctrica presentan la misma tendencia (Ver **Gráfica 16**).

Gráfica 15

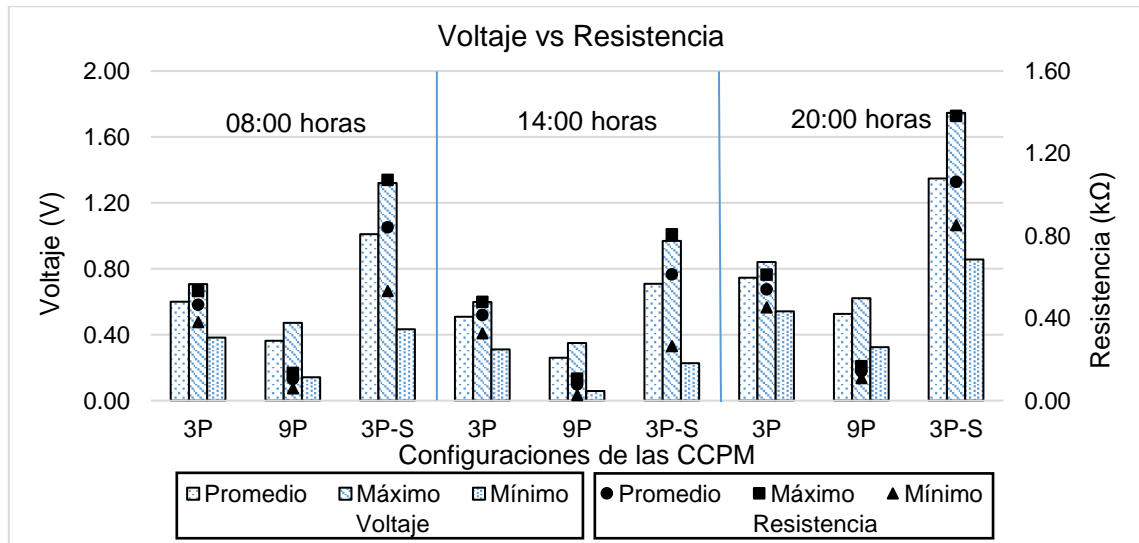
Resultados de voltaje y resistencia (Circuito abierto)



Nota. Elaboración propia.

Gráfica 16

Resultados de voltaje y resistencia (Circuito cerrado)



Nota. Elaboración propia.

B. Potencia Eléctrica y Densidad de Potencia Eléctrica

A continuación, se presentan los resultados del cálculo de la potencia eléctrica y densidad de potencia eléctrica obtenidos a partir del voltaje e intensidad de corriente eléctrica, correspondientes al tratamiento 2 el cual se encuentra conformado por las conexiones de tipo 3P, 9P y 3P-S, cabe señalar que estas mediciones se realizaron en circuito abierto y circuito cerrado durante 25 días.

Tabla 20

Resultados promedios, máximos y mínimos de la potencia eléctrica (mili watts) de las CCPM apiladas en el Tratamiento 2 - (Circuito Abierto)

Circuito abierto	8:00 horas			14:00 horas			20:00 horas		
	3P	9P	3P-S	3P	9P	3P-S	3P	9P	3P-S
Promedio	0.91	1.95	1.39	0.80	1.68	1.09	1.24	2.81	2.07
Máximo	1.14	2.49	1.90	1.02	2.26	1.56	1.50	3.54	2.82
Mínimo	0.46	0.84	0.47	0.38	0.64	0.32	0.70	1.41	1.03

Nota. Fuente: Datos registrados de las mediciones

Tabla 21

Resultados promedios, máximos y mínimos de la potencia eléctrica (mili watts) de las CCPM apiladas en el Tratamiento 2 - (Circuito Cerrado)

Circuito cerrado	8:00 horas			14:00 horas			20:00 horas		
	3P	9P	3P-S	3P	9P	3P-S	3P	9P	3P-S
Promedio	0.79	1.29	1.24	0.64	0.88	0.84	1.05	2.00	1.75
Máximo	1.01	1.81	1.79	0.84	1.30	1.29	1.31	2.59	2.47
Mínimo	0.37	0.34	0.35	0.27	0.13	0.17	0.55	0.86	0.81

Nota. Datos registrados de las mediciones

En la **Tabla 20** y la **Tabla 21** se observa que los valores de la potencia eléctrica alcanzan sus mayores valores en las conexiones de tipo 9P a las 20:00 horas; es decir en aquellas configuraciones que tienen 9 celdas de combustible planta microbiana apiladas en paralelo.

Tabla 22

Resultados promedios, máximos y mínimos de la densidad de potencia eléctrica (mili watts/m²) de las CCPM apiladas en el Tratamiento 2 - (Circuito Abierto)

Circuito abierto	8:00 horas			14:00 horas			20:00 horas		
	3P	9P	3P-S	3P	9P	3P-S	3P	9P	3P-S
Promedio	107.7	76.4	54.5	93.9	66.2	42.7	145.8	110.5	81.2
Máximo	134.3	97.8	74.4	120.5	88.6	61.4	177.3	139.0	110.8
Mínimo	54.3	33.0	18.4	44.2	25.1	12.4	82.1	55.5	40.4

Nota. Datos registrados de las mediciones

Tabla 23

Resultados promedios, máximos y mínimos de la densidad de potencia eléctrica (mili watts/m²) de las CCPM apiladas en el Tratamiento 2 - (Circuito Cerrado)

Circuito cerrado	8:00 horas			14:00 horas			20:00 horas		
	3P	9P	3P-S	3P	9P	3P-S	3P	9P	3P-S
Promedio	125.4	88.6	65.19	125.55	87.40	73.64	179.28	128.60	103.39
Máximo	157.2	115.4	79.42	154.62	112.59	89.44	211.82	156.30	123.13
Mínimo	65.6	38.2	36.72	65.54	36.24	44.22	105.52	67.19	65.04

Nota. Datos registrados de las mediciones

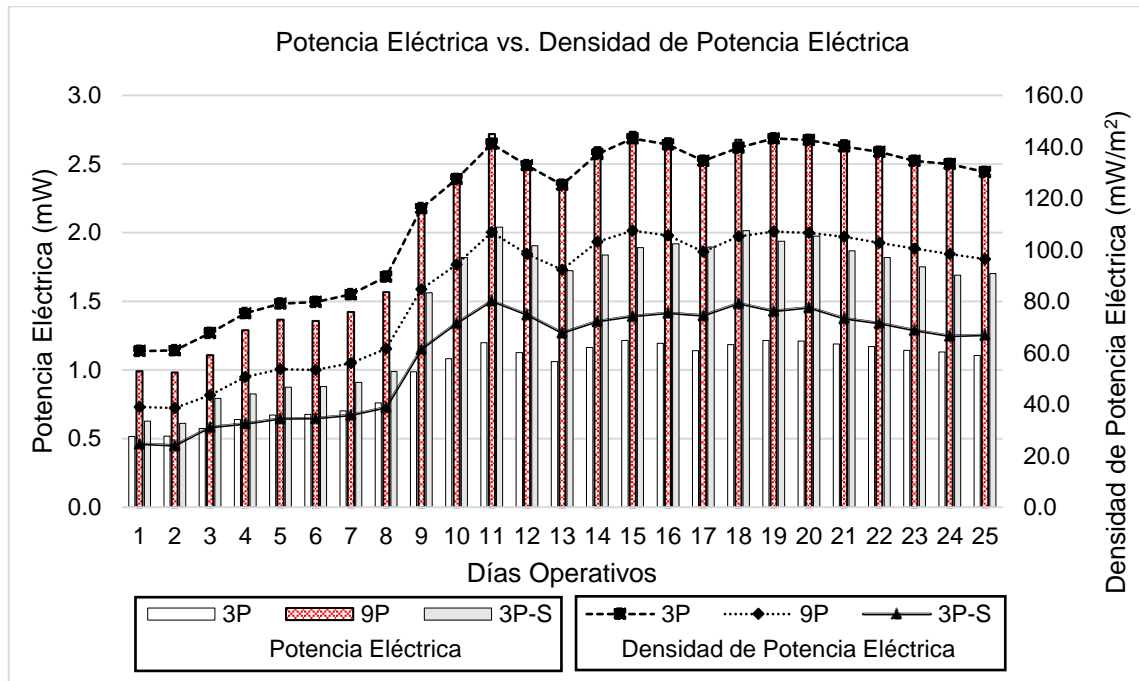
Según los resultados presentados en la **Tabla 22** y **Tabla 23** los valores de la densidad de potencia eléctrica alcanzan sus mayores valores en las conexiones de tipo 3P en horas de la noche, este resultado guarda relación con la teoría pues la densidad de potencia eléctrica es inversamente proporcional al área superficial total del ánodo. Cabe señalar que, el área superficial del ánodo en este tipo de conexión (3P) es igual a la tercera parte de las otras dos configuraciones (9P y 3P-S), debido a que en la conexión de tipo 3P se apilan 3 celdas y en las conexiones de tipo 9P y 3P-S se apilan 9 celdas en cada una, por ende, el área superficial aumenta a medida que van aumentando la cantidad de celdas que se conectan.

Finalmente, la **Gráfica 17** muestra el comportamiento diario de ambas magnitudes en todas las configuraciones correspondientes al tratamiento 2 (conexiones en paralelo), en donde observamos que los valores de potencia eléctrica tienen oscilaciones que van en aumento desde el primer día de

operación hasta alcanzar valores picos de 2.73 mW en la configuración 9P; asimismo la densidad de potencia eléctrica también aumenta conforme avanzan los días alcanzando valores máximos de 143.30 mW/m² en la configuración 3P.

Gráfica 17

Comportamiento de la Potencia Eléctrica y Densidad de Potencia Eléctrica



Nota. Elaboración propia.

5.1.3 Resultados de la morfología externa vegetal

En este apartado se presentan los resultados descriptivos relacionados con el objetivo específico 3 de la investigación, el cual indica lo siguiente:

“Objetivo específico 3: Analizar las características morfológicas del cultivo *Fragaria spp.* en el apilamiento de celdas de combustibles planta microbiana (CCPM) durante la generación de bioelectricidad”

En ese sentido, en seguida se presentan los resultados de la evaluación de la morfología externa vegetal de la planta (fresa), la cual consistió en registrar las características más resaltantes antes y al finalizar la aplicación del apilamiento de las celdas de combustibles planta microbiana en todas las 54 celdas de combustible planta microbiana.

Tabla 24

Características morfológicas de las plantas antes del inicio de operación de las CCPM

Ítem	Tratamiento	Código de CCPM	Cantidad de tallos (unid)	Cantidad de hojas (unid)	Cantidad de estolones (unid)
1	T1	T1-C1-R1	3.00	9.00	0.00
2	T1	T1-C2-R1	4.00	12.00	0.00
3	T1	T1-C3-R1	9.00	27.00	0.00
4	T1	T1-C4-R1	3.00	9.00	0.00
5	T1	T1-C5-R1	3.00	9.00	0.00
6	T1	T1-C6-R1	4.00	12.00	1.00
7	T1	T1-C7-R1	7.00	21.00	1.00
8	T1	T1-C8-R1	4.00	12.00	0.00
9	T1	T1-C9-R1	5.00	15.00	0.00
10	T1	T1-C1-R2	7.00	21.00	1.00
11	T1	T1-C2-R2	5.00	15.00	1.00
12	T1	T1-C3-R2	6.00	18.00	0.00
13	T1	T1-C4-R2	5.00	15.00	0.00
14	T1	T1-C5-R2	8.00	24.00	0.00
15	T1	T1-C6-R2	3.00	9.00	1.00
16	T1	T1-C7-R2	10.00	30.00	1.00
17	T1	T1-C8-R2	6.00	18.00	0.00
18	T1	T1-C9-R2	8.00	24.00	0.00
19	T1	T1-C1-R3	6.00	18.00	0.00
20	T1	T1-C2-R3	8.00	24.00	1.00
21	T1	T1-C3-R3	7.00	21.00	1.00
22	T1	T1-C4-R3	4.00	12.00	0.00
23	T1	T1-C5-R3	7.00	21.00	0.00
24	T1	T1-C6-R3	6.00	18.00	0.00
25	T1	T1-C7-R3	4.00	12.00	0.00
26	T1	T1-C8-R3	7.00	21.00	1.00
27	T1	T1-C9-R3	9.00	27.00	1.00
28	T2	T2-C1-R1	9.00	27.00	1.00
29	T2	T2-C2-R1	10.00	30.00	1.00
30	T2	T2-C3-R1	6.00	18.00	0.00
31	T2	T2-C4-R1	4.00	12.00	0.00
32	T2	T2-C5-R1	6.00	18.00	0.00
33	T2	T2-C6-R1	4.00	12.00	0.00
34	T2	T2-C7-R1	10.00	30.00	1.00
35	T2	T2-C8-R1	9.00	27.00	1.00
36	T2	T2-C9-R3	4.00	12.00	1.00
37	T2	T2-C1-R2	3.00	9.00	1.00
38	T2	T2-C2-R2	7.00	21.00	0.00
39	T2	T2-C3-R2	10.00	30.00	0.00
40	T2	T2-C4-R2	8.00	24.00	0.00
41	T2	T2-C5-R2	4.00	12.00	1.00
42	T2	T2-C6-R2	10.00	30.00	0.00
43	T2	T2-C7-R2	7.00	21.00	1.00
44	T2	T2-C8-R2	9.00	27.00	0.00

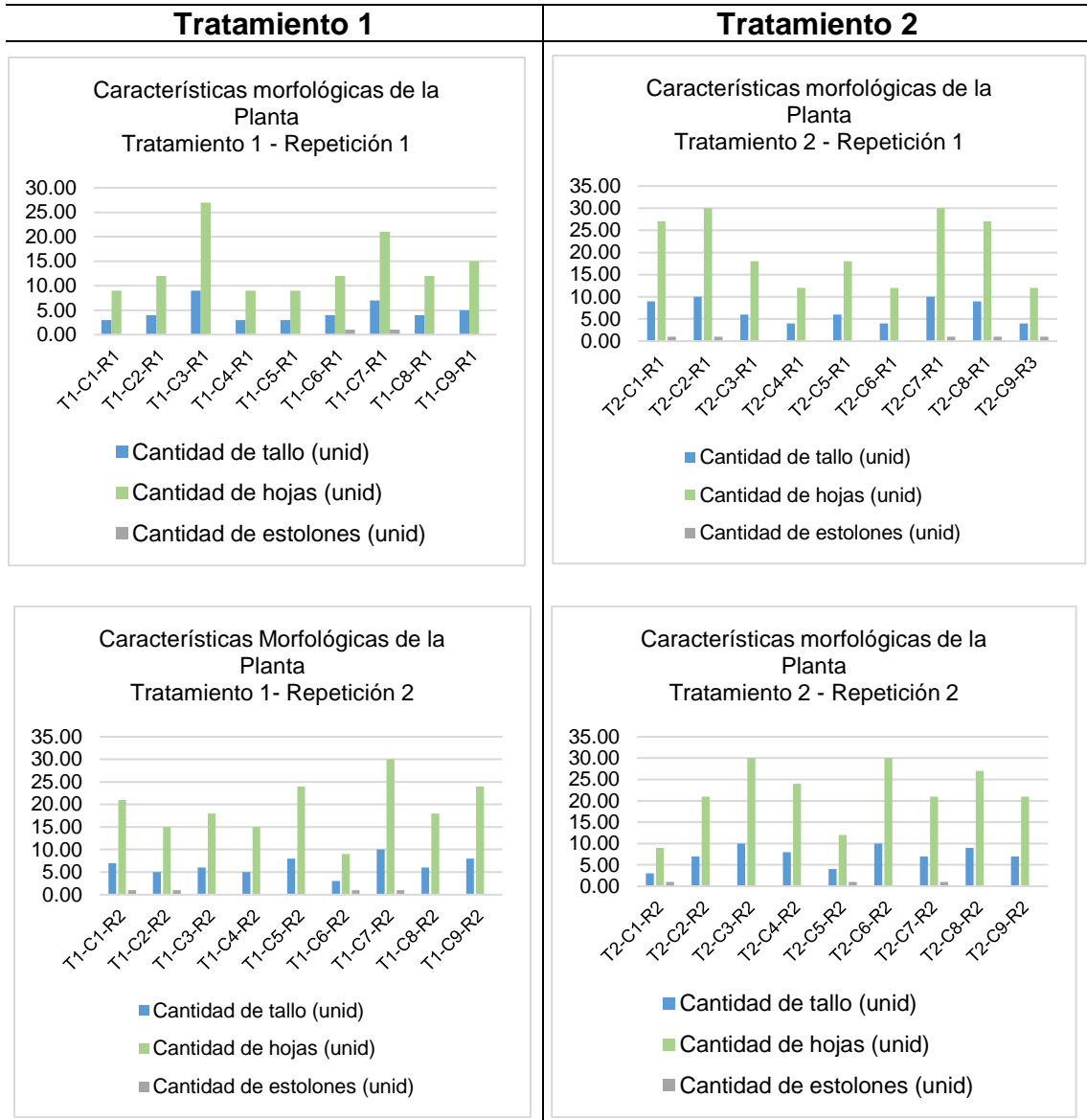
Ítem	Tratamiento	Código de CCPM	Cantidad de tallos (unid)	Cantidad de hojas (unid)	Cantidad de estolones (unid)
45	T2	T2-C9-R2	7.00	21.00	0.00
46	T2	T2-C1-R3	5.00	15.00	1.00
47	T2	T2-C2-R3	3.00	9.00	0.00
48	T2	T2-C3-R3	10.00	30.00	1.00
49	T2	T2-C4-R3	5.00	15.00	0.00
50	T2	T2-C5-R3	3.00	9.00	0.00
51	T2	T2-C6-R3	10.00	30.00	0.00
52	T2	T2-C7-R3	10.00	30.00	0.00
53	T2	T2-C8-R3	5.00	15.00	0.00
54	T2	T2-C9-R3	3.00	9.00	0.00

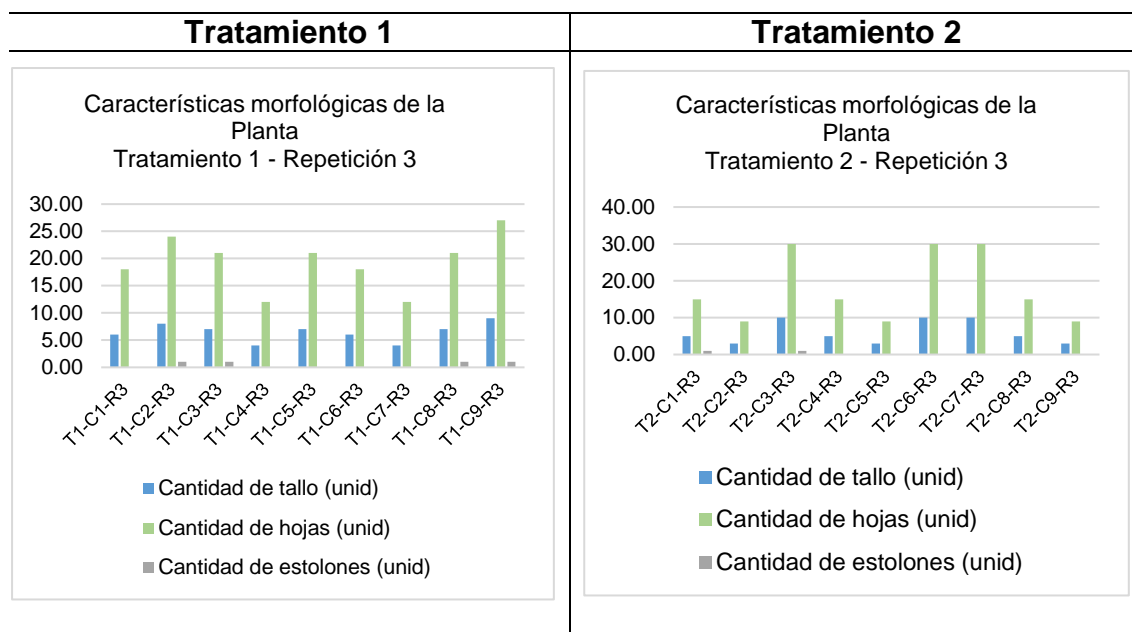
Nota. Fuente: Elaboración propia.

La **Tabla 24** contiene el registro de las características morfológicas de las 54 plantas antes de iniciar la etapa de operación de las celdas de combustible planta microbiana, esta toma de datos se realizó el 04 de abril de 2022. Durante el desarrollo de la planta (fresa) se realizó el riego diario de todas las celdas y la administración de nutrientes líquidos. De acuerdo a la **Tabla 24**, observamos que en promedio la cantidad de tallos varían de 3 a 10 tallos por maceta; asimismo, se evidenció una cantidad de 3 hojas por cada tallo, por otro lado solo algunas plantas (fresas) tenían estolones en desarrollo, registrándose un total de 20 estolones. A continuación, se presenta una gráfica de barras por cada tratamiento y su repetición respectiva:

Gráfica 18

Características morfológicas iniciales de cada planta (fresa) por tipo de tratamiento (04.04.2022)





Nota. Elaboración propia.

La **Gráfica 18** muestra las características morfológicas iniciales separadas en grupos de 9 plantas que corresponden a los tratamientos y su repetición.

Luego, en la **Tabla 25** se presenta el registro de las características morfológicas de las 54 plantas al finalizar la etapa de operación de las celdas de combustible planta microbiana, esta toma de datos se realizó el 29 de abril de 2022. En ese sentido, observamos que la cantidad de tallos ahora varía de 5 a 9 tallos por maceta, pues durante el periodo de funcionamiento de las celdas de combustible planta microbiana la fresa continuó adaptándose al sustrato, razón por la cual se observó que en los primeros días de funcionamiento algunos de sus tallos se marchitaron; sin embargo, con el transcurrir de los días se observó que nacieron nuevos tallos en determinadas fresas. Asimismo, es importante destacar que la cantidad de estolones aumentó en comparación a la medición inicial registrándose una cantidad final de 60 estolones.

Tabla 25

Características morfológicas de las plantas al finalizar la operación de las CCPM

Ítem	Tratamiento	Código de CCPM	Cantidad de tallos (unid)	Cantidad de hojas (unid)	Cantidad de estolones (unid)
1	T1	T1-C1-R1	5.00	15.00	1.00
2	T1	T1-C2-R1	4.00	12.00	1.00

Ítem	Tratamiento	Código de CCPM	Cantidad de tallos (unid)	Cantidad de hojas (unid)	Cantidad de estolones (unid)
3	T1	T1-C3-R1	8.00	24.00	2.00
4	T1	T1-C4-R1	4.00	12.00	1.00
5	T1	T1-C5-R1	4.00	12.00	1.00
6	T1	T1-C6-R1	5.00	15.00	1.00
7	T1	T1-C7-R1	6.00	18.00	2.00
8	T1	T1-C8-R1	5.00	15.00	0.00
9	T1	T1-C9-R1	4.00	12.00	1.00
10	T1	T1-C1-R2	6.00	18.00	2.00
11	T1	T1-C2-R2	5.00	15.00	2.00
12	T1	T1-C3-R2	5.00	15.00	1.00
13	T1	T1-C4-R2	4.00	12.00	1.00
14	T1	T1-C5-R2	6.00	18.00	1.00
15	T1	T1-C6-R2	5.00	15.00	1.00
16	T1	T1-C7-R2	8.00	24.00	2.00
17	T1	T1-C8-R2	5.00	15.00	0.00
18	T1	T1-C9-R2	6.00	18.00	1.00
19	T1	T1-C1-R3	5.00	15.00	0.00
20	T1	T1-C2-R3	6.00	18.00	1.00
21	T1	T1-C3-R3	8.00	24.00	2.00
22	T1	T1-C4-R3	6.00	18.00	0.00
23	T1	T1-C5-R3	6.00	18.00	0.00
24	T1	T1-C6-R3	6.00	18.00	1.00
25	T1	T1-C7-R3	5.00	15.00	0.00
26	T1	T1-C8-R3	5.00	15.00	1.00
27	T1	T1-C9-R3	8.00	24.00	2.00
28	T2	T2-C1-R1	7.00	21.00	2.00
29	T2	T2-C2-R1	9.00	27.00	1.00
30	T2	T2-C3-R1	5.00	15.00	1.00
31	T2	T2-C4-R1	5.00	15.00	0.00
32	T2	T2-C5-R1	7.00	21.00	1.00
33	T2	T2-C6-R1	5.00	15.00	1.00
34	T2	T2-C7-R1	8.00	24.00	2.00
35	T2	T2-C8-R1	7.00	21.00	2.00
36	T2	T2-C9-R3	6.00	18.00	1.00
37	T2	T2-C1-R2	5.00	15.00	1.00
38	T2	T2-C2-R2	6.00	18.00	1.00
39	T2	T2-C3-R2	8.00	24.00	2.00
40	T2	T2-C4-R2	7.00	21.00	1.00
41	T2	T2-C5-R2	5.00	15.00	1.00
42	T2	T2-C6-R2	9.00	27.00	1.00
43	T2	T2-C7-R2	7.00	21.00	2.00
44	T2	T2-C8-R2	9.00	27.00	1.00
45	T2	T2-C9-R2	6.00	18.00	1.00
46	T2	T2-C1-R3	7.00	21.00	2.00
47	T2	T2-C2-R3	5.00	15.00	1.00
48	T2	T2-C3-R3	8.00	24.00	1.00
49	T2	T2-C4-R3	6.00	18.00	1.00
50	T2	T2-C5-R3	5.00	15.00	1.00
51	T2	T2-C6-R3	9.00	27.00	2.00
52	T2	T2-C7-R3	8.00	24.00	1.00

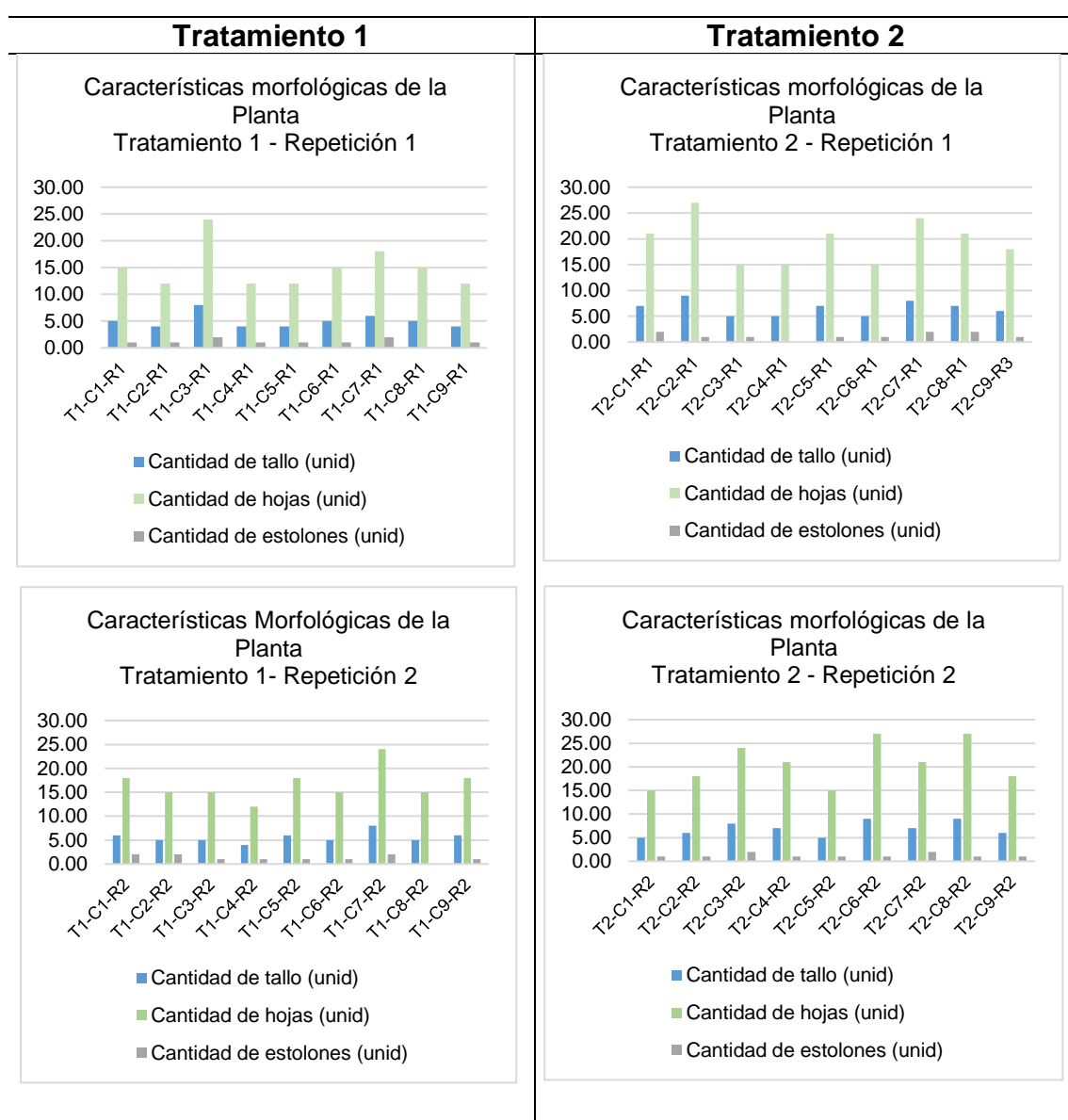
Ítem	Tratamiento	Código de CCPM	Cantidad de tallos (unid)	Cantidad de hojas (unid)	Cantidad de estolones (unid)
53	T2	T2-C8-R3	6.00	18.00	0.00
54	T2	T2-C9-R3	5.00	15.00	1.00

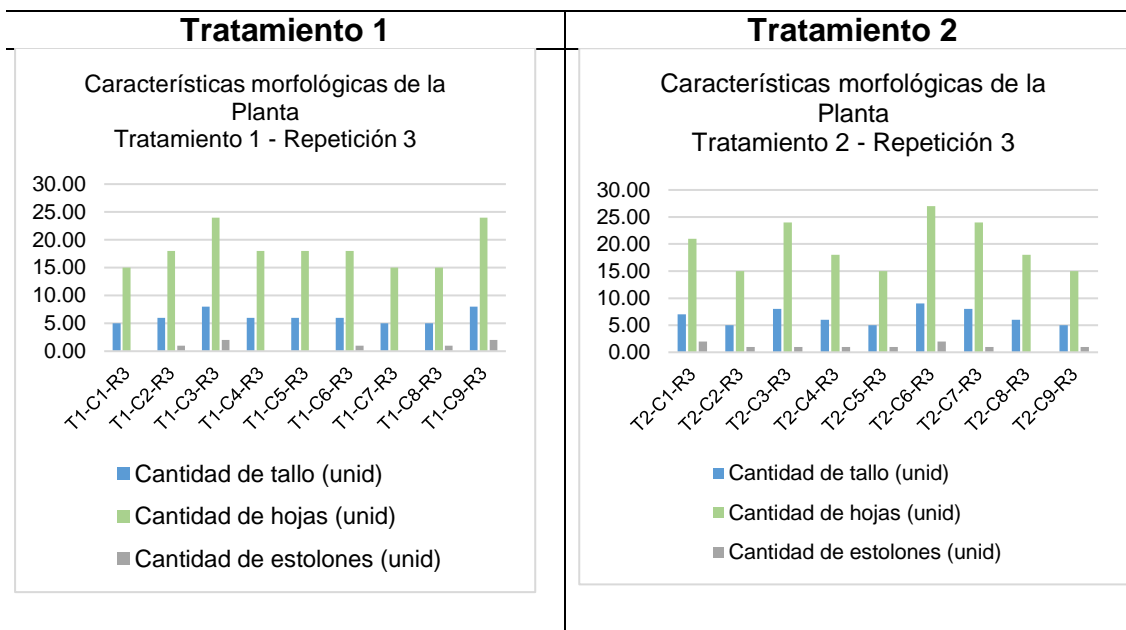
Nota. Elaboración propia.

De igual manera en la **Gráfica 19** se presentan los resultados de las características morfológicas finales, en ella se puede observar una notable diferencia en relación al aumento de la cantidad de estolones solo en 46 plantas.

Gráfica 19

Características morfológicas finales de cada planta (fresa) por tipo de tratamiento (29.04.2022)



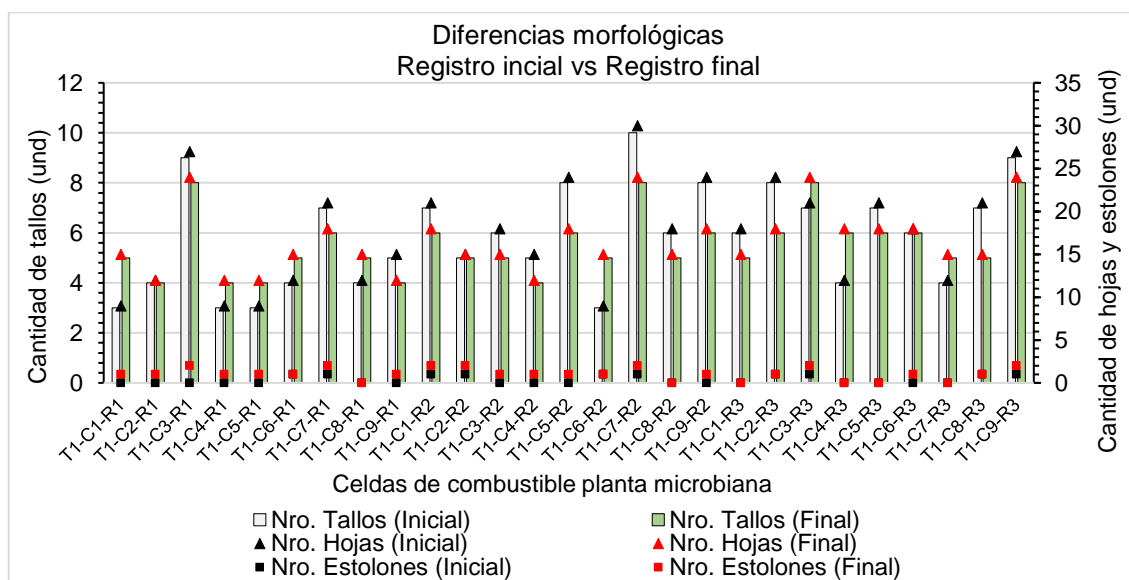


Nota. Elaboración propia.

Finalmente, la **Gráfica 20** y la **Gráfica 21** presentan la comparación entre los resultados de las características morfológicas iniciales y finales en ambos tratamientos, en ellas se puede observar una notable diferencia en relación al aumento de la cantidad de estolones en 46 plantas.

Gráfica 20

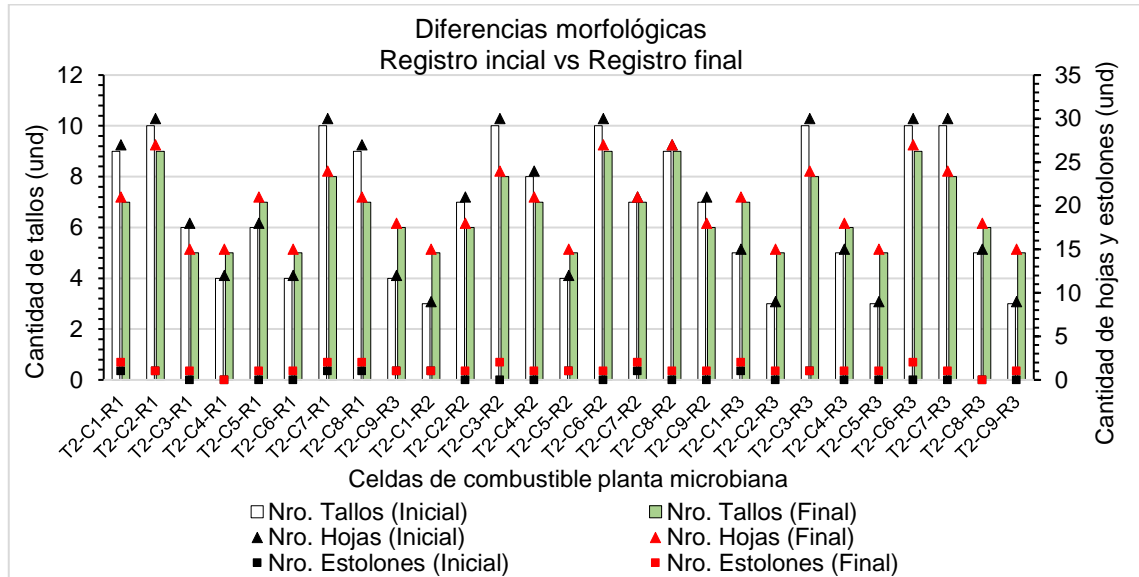
Características morfológicas iniciales y finales de cada planta (fresa) en el Tratamiento 1



Nota. Elaboración propia.

Gráfica 21

Características morfológicas iniciales y finales de cada planta (fresa) en el Tratamiento 2



Nota. Elaboración propia.

5.2 RESULTADOS INFERENCIALES

En esta sección, presentaremos los resultados inferenciales de acuerdo con los objetivos planteados.

5.2.1 Resultados del objetivo general

“**Objetivo general:** Evaluar el rendimiento del apilamiento de celdas de combustible planta microbiana (CCPM) cultivadas con la especie *Fragaria spp* para la generación de bioelectricidad”

Con la finalidad de establecer si las magnitudes eléctricas (potencia eléctrica, y densidad de potencia eléctrica) varían según el apilamiento de las celdas de combustible planta microbiano (CCPM) cultivadas con la especie *Fragaria spp* conectadas en serie y paralelo durante la generación de bioelectricidad, se estableció un **análisis estadístico** por cada magnitud eléctrica, en donde se utilizó una prueba paramétrica (ANOVA) o no paramétrica (H. Kruskal - Wallis)

según el cumplimiento de supuestos (ver **Anexo V**); los resultados de este análisis se muestran a continuación:

A. Potencia eléctrica en circuito abierto

A continuación, se presenta los resultados del análisis estadístico de la generación de potencia eléctrica a circuito abierto en las diferentes configuraciones de celdas dispuestos en serie y paralelo.

Tabla 26

Intervalos de confianza para la media (95%) de la potencia eléctrica generada en circuito abierto para disposiciones de celdas en serie y paralelo

Medidas	3S	9S	3S-P	3P	9P	3P-S
Media =	1.397	2.901	2.333	0.983	2.148	1.514
Error estándar =	0.005	0.020	0.007	0.032	0.080	0.084
IC 95% Límite inferior =	1.375	2.817	2.303	0.846	1.803	1.154
IC 95% Límite superior =	1.420	2.986	2.363	1.120	2.493	1.875

Nota: Datos procesados con el programa estadístico SPSS

Luego de descrito los estadísticos descriptivos para la potencia eléctrica a circuito abierto según disposiciones de celdas en serie y en paralelos, se evaluó si en cada grupo o disposición de celdas en serie y paralelo (3S, 9S, 3S-P, 3P, 9P, 3P-S), existían diferencias significativas en la potencia eléctrica, para ello se formula las siguientes hipótesis:

- **H_A:** Existen diferencias significativas de generación de voltaje a circuito abierto en las diferentes configuraciones en serie de las CCPM cultivadas con la especie *Fragaria spp.*
- **H_o:** No existen diferencias significativas de potencia eléctrica a circuito abierto en las diferentes configuraciones en serie y paralelo de las CCPM cultivadas con la especie *Fragaria spp.*

Con el fin de establecer diferencias de potencia eléctrica a circuito abierto en los diferentes grupos de disposición de celdas en serie y paralelo (3S, 9S, 3S-P, 3P, 9P, 3P-S), se utilizó el análisis de H Kruskal – Wallis.

Tabla 27

Prueba de Kruskal Wallis para la potencia eléctrica en circuito abierto en diferentes disposiciones en serie y paralelo

Parámetro	gl	p-valor
Potencia eléctrica en circuito abierto	5	0.006

Nota: Datos procesados con el programa estadístico SPSS

Según la tabla anterior con un p-valor igual a 0.006, menor a 0.05 (5%), estaría demostrado que existen diferencias significativas de potencia eléctrica a circuito abierto en las distintas disposiciones en serie y paralelo (3S, 9S, 3S-P, 3P, 9P, 3P-S), por lo que se acepta la siguiente hipótesis alterna: “existen diferencias significativas de potencia eléctrica a circuito abierto en las diferentes configuraciones en serie y paralelo de las CCPM cultivadas con la especie *Fragaria spp*”.

Asimismo; a continuación, a través de las comparaciones múltiples (análisis POST HOC – Prueba de Tukey), se determinaron en qué grupos se encuentran esas diferencias.

Tabla 28

Comparaciones múltiples entre grupos (3S, 9S, 3S-P, 3P, 9P, 3P-S), para la generación de potencia eléctrica a circuito abierto

Grupo	Procedencia	Diferencia de medias	Error típico	Sig. (p-valor)
3S	9S	-1.504000*	0.071	0.000
	3S-P	-.935667*	0.071	0.000
	3P	.414639*	0.071	0.001
	9P	-.750666*	0.071	0.000
	3P-S	-.117070	0.071	0.580
9S	3S	1.504000*	0.071	0.000
	3S-P	.568333*	0.071	0.000
	3P	1.918639*	0.071	0.000
	9P	.753334*	0.071	0.000
	3P-S	1,386930*	0.071	0.000
3S-P	3S	.935667*	0.071	0.000
	9S	-.568333*	0.071	0.000
	3P	1.350306*	0.071	0.000
	9P	.185001	0.071	0.165
	3P-S	.818597*	0.071	0.000

Grupo	Procedencia	Diferencia de medias	Error típico	Sig. (p-valor)
3P	3S	-.414639*	0.071	0.001
	9S	-1.918639*	0.071	0.000
	3S-P	-1.350306*	0.071	0.000
	9P	-1.165305*	0.071	0.000
	3P-S	-.531709*	0.071	0.000
9P	3S	.750666*	0.071	0.000
	9S	-.753334*	0.071	0.000
	3S-P	-.185001	0.071	0.165
	3P	1.165305*	0.071	0.000
	3P-S	.633596*	0.071	0.000
3PS	3S	.117070	0.071	0.580
	9S	-1.386930*	0.071	0.000
	3S-P	-.818597*	0.071	0.000
	3P	.531709*	0.071	0.000
	9P	-.633596*	0.071	0.000

Nota. (*) = significa que existen diferencias entre grupos, debido a una significancia (p-valor) menos a 0.05 (5%).

En la tabla anterior se puede observar el siguiente orden de generación de potencia eléctrica a circuito abierto: 9S>3S-P>3P-S>3P; 9S>9P>3S>3P; Asimismo, no se pudo determinar diferencias significativas entre las configuraciones 3S-P y 9P, así como 3P-S y 3S.

B. Potencia eléctrica en circuito cerrado

A continuación, se presenta los resultados del análisis estadístico de la generación de potencia eléctrica a circuito cerrado en las diferentes configuraciones de celdas dispuestos en serie y paralelo.

Tabla 29

Intervalos de confianza para la media (95%) de la potencia eléctrica generada en circuito cerrado para disposiciones de celdas en serie y paralelo

Medidas	3S	9S	3S-P	3P	9P	3P-S
Media =	1.217	2.584	2.055	0.829	1.391	1.278
Error estándar =	0.005	0.027	0.004	0.015	0.038	0.037
IC 95% Límite inferior =	1.193	2.466	2.035	0.765	1.228	1.117
IC 95% Límite superior =	1.240	2.701	2.074	0.892	1.554	1.439

Nota: Datos procesados con el programa estadístico SPSS

Luego de descrito los estadísticos descriptivos para la potencia eléctrica a circuito cerrado según disposiciones de celdas en serie y en paralelos, se evaluó si en cada grupo o disposición de celdas en serie y paralelo (3S, 9S, 3S-P, 3P, 9P, 3P-S), existían diferencias significativas en la potencia eléctrica, para ello se formula las siguientes hipótesis:

- **HA:** Existen diferencias significativas de potencia eléctrica a circuito cerrado en las diferentes configuraciones en serie y paralelo de las CCPM cultivadas con la especie *Fragaria spp.*
- **Ho:** No existen diferencias significativas de potencia eléctrica a circuito cerrado en las diferentes configuraciones en serie y paralelo de las CCPM cultivadas con la especie *Fragaria spp.*

Con el fin de establecer diferencias de potencia eléctrica a circuito cerrado en los diferentes grupos de disposición de celdas en serie y paralelo (3S, 9S, 3S-P, 3P, 9P, 3P-S), se utilizó el análisis de H Kruskal – Wallis.

Tabla 30

Prueba de Kruskal Wallis para la potencia eléctrica en circuito cerrado en diferentes disposiciones en serie y paralelo

Parámetro	gl	p-valor
Potencia eléctrica en circuito cerrado	5	0.007

Nota: Datos procesados con el programa estadístico SPSS

Según la tabla anterior con un p-valor igual a 0.007, menor a 0.05 (5%), estaría demostrado que existe diferencias de potencia eléctrica a circuito cerrado en las distintas disposiciones en serie y paralelo (3S, 9S, 3S-P, 3P, 9P, 3P-S), por lo que se acepta la hipótesis alterna.

Asimismo, a continuación, a través de las comparaciones múltiples (análisis POST HOC – Prueba Tukey), se determinaron en que grupos se encuentran esas diferencias.

Tabla 31

Comparaciones múltiples entre grupos (3S, 9S, 3S-P, 3P, 9P, 3P-S), para la generación de potencia eléctrica a circuito cerrado

Grupo	Procedencia	Diferencia de medias	Error típico	Sig. (p-valor)
3S	9S	-1.367000*	0.036	0.000
	3S-P	-.838000*	0.036	0.000
	3P	.388116*	0.036	0.000
	9P	-.174471*	0.036	0.004
	3P-S	-.060968	0.036	0.555
9S	3S	1.367000*	0.036	0.000
	3S-P	.529000*	0.036	0.000
	3P	1.755116*	0.036	0.000
	9P	1.192529*	0.036	0.000
	3P-S	1.306032*	0.036	0.000
3S-P	3S	.838000*	0.036	0.000
	9S	-.529000*	0.036	0.000
	3P	1.226116*	0.036	0.000
	9P	.663529*	0.036	0.000
	3P-S	.777032*	0.036	0.000
3P	3S	-.388116*	0.036	0.000
	9S	-1.755116*	0.036	0.000
	3S-P	-1.226116*	0.036	0.000
	9P	-.562588*	0.036	0.000
	3P-S	-.449085*	0.036	0.000
9P	3S	.174471*	0.036	0.004
	9S	-1.192529*	0.036	0.000
	3S-P	-.663529*	0.036	0.000
	3P	.562588*	0.036	0.000
	3P-S	.113503	0.036	0.068
3PS	3S	.060968	0.036	0.555
	9S	-1.306032*	0.036	0.000
	3S-P	-.777032*	0.036	0.000
	3P	.449085*	0.036	0.000
	9P	-.113503	0.036	0.068

Nota. (*) = significa que existen diferencias entre grupos, debido a una significancia (p-valor) menos a 0.05 (5%).

En la tabla anterior se puede observar el siguiente orden de generación de potencia eléctrica a circuito cerrado: 9S>3S-P>9P>3P-S>3P; 9S>3SP>9P>3S>3P.

Asimismo, no se pudo determinar diferencias significativas entre 3P-S y 3S.

C. Densidad de potencia eléctrica en circuito abierto

A continuación, se presenta los resultados del análisis estadístico de la generación de densidad de potencia eléctrica a circuito abierto en las diferentes configuraciones de celdas dispuestos en serie y paralelo.

Tabla 32

Intervalos de confianza para la media (95%) de la densidad de potencia eléctrica generada en circuito abierto para disposiciones de celdas en serie y paralelo

Medidas	3S	9S	3S-P	3P	9P	3P-S
Media =	164.730	114.018	91.679	115.852	84.411	59.512
Error estándar =	0.636	0.770	0.279	3.756	3.153	3.295
IC 95% Límite inferior =	161.994	110.704	90.478	99.692	70.844	45.337
IC 95% Límite superior =	167.466	117.333	92.880	132.013	97.978	73.688

Nota: Datos procesados con el programa estadístico SPSS

Luego de descrito los estadísticos descriptivos para la densidad de potencia eléctrica a circuito abierto según disposiciones de celdas en serie y en paralelo, se evaluó si en cada grupo o disposición de celdas en serie y paralelo (3S, 9S, 3S-P, 3P, 9P, 3P-S), existían diferencias significativas en la densidad de potencia eléctrica, para ello se formula las siguientes hipótesis:

- **HA:** Existen diferencias significativas de densidad de potencia eléctrica a circuito abierto en las diferentes configuraciones en serie y paralelo de las CCPM cultivadas con la especie *Fragaria spp.*
- **Ho:** No existen diferencias significativas de potencia eléctrica a circuito abierto en las diferentes configuraciones en serie y paralelo de las CCPM cultivadas con la especie *Fragaria spp.*

Con el fin de establecer diferencias de densidad de potencia eléctrica a circuito abierto en los diferentes grupos de disposición de celdas en serie y paralelo (3S, 9S, 3S-P, 3P, 9P, 3P-S), se utilizó el análisis de H Kruskal – Wallis.

Tabla 33

Prueba de Kruskal Wallis para la densidad de potencia eléctrica en circuito abierto en diferentes disposiciones en serie y paralelo

Parámetro	gl	p-valor
Densidad de potencia eléctrica en circuito abierto	5	0.006

Nota: Datos procesados con el programa estadístico SPSS

Según la tabla anterior con un p-valor igual a 0.006, menor a 0.05 (5%), estaría demostrado que existe diferencias de densidad de potencia eléctrica a circuito abierto en las distintas disposiciones en serie y paralelo (3S, 9S, 3S-P, 3P, 9P, 3P-S), por lo que se acepta la hipótesis alterna de que “existen diferencias significativas de densidad de potencia eléctrica a circuito abierto en las diferentes configuraciones en serie y paralelo de las CCPM cultivadas con la especie *Fragaria spp*”.

Asimismo, a continuación, a través de las comparaciones múltiples (análisis POST HOC – Pruebas Tukey), se determinaron en que grupos se encuentran esas diferencias.

Tabla 34

Comparaciones múltiples entre grupos (3S, 9S, 3S-P, 3P, 9P, 3P-S), para la generación de densidad de potencia eléctrica a circuito abierto

Grupo	Procedencia	Diferencia de medias	Error típico	Sig. (p-valor)
3S	9S	50.712000*	3.463	0.000
	3S-P	73.051333*	3.463	0.000
	3P	48.878042*	3.463	0.000
	9P	80.319309*	3.463	0.000
	3P-S	105.218048*	3.463	0.000
9S	3S	-50.712000*	3.463	0.000
	3S-P	22.339333*	3.463	0.000
	3P	-1.833958	3.463	0.994
	9P	29.607309*	3.463	0.000
	3P-S	54.506048*	3.463	0.000
3S-P	3S	-73,051333*	3.463	0.000
	9S	-22,339333*	3.463	0.000
	3P	-24.173291*	3.463	0.000
	9P	7.267976	3.463	0.349

Grupo	Procedencia	Diferencia de medias	Error típico	Sig. (p-valor)
	3P-S	32.166714*	3.463	0.000
3P	3S	-48.878042*	3.463	0.000
	9S	1.833958	3.463	0.994
	3S-P	24.173291*	3.463	0.000
	9P	31.441267*	3.463	0.000
	3P-S	56.340006*	3.463	0.000
9P	3S	-80.319309*	3.463	0.000
	9S	-29.607309*	3.463	0.000
	3S-P	-7.267976	3.463	0.349
	3P	-31.441267*	3.463	0.000
	3P-S	24.898739*	3.463	0.000
3P-S	3S	-105.218048*	3.463	0.000
	9S	-54.506048*	3.463	0.000
	3S-P	-32.166714*	3.463	0.000
	3P	-56.340006*	3.463	0.000
	9P	-24.898739*	3.463	0.000

Nota. (*) = significa que existen diferencias entre grupos, debido a una significancia (p-valor) menos a 0.05 (5%).

En la tabla anterior se puede observar el siguiente orden de generación de densidad de potencia eléctrica a circuito abierto: 3S>3P>3S-P>3P-S; 3S>9S>9P>3P-S.

Asimismo, no se pudo determinar diferencias entre 3P y 9S, así como 9P y 3S-P.

D. Densidad de potencia eléctrica en circuito cerrado

A continuación, se presenta los resultados del análisis estadístico de la generación de densidad de potencia eléctrica a circuito cerrado en las diferentes configuraciones de celdas dispuestos en serie y paralelo.

Tabla 35

Comparaciones múltiples entre grupos (3S, 9S, 3SP, 3P, 9P, 3P-S), para la generación de densidad de potencia eléctrica a circuito abierto

Medidas	3S	9S	3S-P	3P	9P	3P-S
Media =	143.42	114.86	93.47	143.42	101.54	80.73
Error estándar =	0.66	1.19	0.11	0.66	1.07	0.177
IC 95% Límite inferior =	140.56	109.72	92.97	140.56	96.93	79.97
IC 95% Límite superior =	146.27	120.00	93.97	146.27	106.16	81.50

Nota: Datos procesados con el programa estadístico SPSS

Luego de descrito los estadísticos descriptivos para la densidad de potencia eléctrica a circuito cerrado según disposiciones de celdas en serie y en paralelo, se evaluó si en cada grupo o disposición de celdas en serie y paralelo (3S, 9S, 3S-P, 3P, 9P, 3P-S), existían diferencias significativas en la densidad de potencia eléctrica, para ello se formula las siguientes hipótesis:

- **H_A:** Existen diferencias significativas de densidad de potencia eléctrica a circuito cerrado en las diferentes configuraciones en serie y paralelo de las CCPM cultivadas con la especie *Fragaria spp.*
- **H_o:** No existen diferencias significativas de densidad de potencia eléctrica a circuito cerrado en las diferentes configuraciones en serie y paralelo de las CCPM cultivadas con la especie *Fragaria spp.*

Con el fin de establecer diferencias de densidad de potencia eléctrica a circuito cerrado en los diferentes grupos de disposición de celdas en serie y paralelo (3S, 9S, 3S-P, 3P, 9P, 3P-S), se utilizó el análisis de H Kruskal – Wallis.

Tabla 36

Prueba de Kruskal Wallis para la densidad de potencia eléctrica en circuito cerrado en diferentes disposiciones en serie y paralelo

Parámetro	gl	p-valor
Densidad de potencia eléctrica en circuito cerrado	5	0.007

Nota: Datos procesados con el programa estadístico SPSS

Según la tabla anterior con un p-valor igual a 0.007, menor a 0.05 (5%), estaría demostrado que existe diferencias de densidad de potencia eléctrica a circuito cerrado en las distintas disposiciones en serie y paralelo (3S, 9S, 3S-P, 3P, 9P, 3P-S), por lo que se acepta la hipótesis alterna de que “existen diferencias significativas de densidad de potencia eléctrica a circuito cerrado en las diferentes configuraciones en serie y paralelo de las CCPM cultivadas con la especie *Fragaria spp*”

Asimismo, a continuación, a través de las comparaciones múltiples (análisis POST HOC – Prueba Tukey), se determinaron en que grupos se encuentran esas diferencias

Tabla 37

Comparaciones múltiples entre grupos (3S, 9S, 3S-P, 3P, 9P, 3P-S), para la generación de densidad de potencia eléctrica a circuito cerrado

Grupo	Procedencia	Diferencia de medias	Error típico	Sig. (p-valor)
3S	9S	50.712000*	3.463	0.000
	3S-P	73.051333*	3.463	0.000
	3P	48.878042*	3.463	0.000
	9P	80.319309*	3.463	0.000
	3P-S	105.218048*	3.463	0.000
9S	3S	-50.712000*	3.463	0.000
	3S-P	22.339333*	3.463	0.000
	3P	-1.833958	3.463	0.994
	9P	29.607309*	3.463	0.000
	3P-S	54.506048*	3.463	0.000
3S-P	3S	-73.051333*	3.463	0.000
	9S	-22.339333*	3.463	0.000
	3P	-24.173291*	3.463	0.000
	9P	7.267976	3.463	0.349
	3P-S	32.166714*	3.463	0.000
3P	3S	-48.878042*	3.463	0.000
	9S	1.833958	3.463	0.994
	3S-P	24.173291*	3.463	0.000
	9P	31.441267*	3.463	0.000
	3P-S	56.340006*	3.463	0.000
9P	3S	-80.319309*	3.463	0.000
	9S	-29.607309*	3.463	0.000
	3S-P	-7.267976	3.463	0.349

Grupo	Procedencia	Diferencia de medias	Error típico	Sig. (p-valor)
	3P	-31.441267*	3.463	0.000
	3P-S	24.898739*	3.463	0.000
	3S	-105.218048*	3.463	0.000
	9S	-54.506048*	3.463	0.000
3P-S	3S-P	-32.166714*	3.463	0.000
	3P	-56.340006*	3.463	0.000
	9P	-24.898739*	3.463	0.000

Nota. (*) = significa que existen diferencias entre grupos, debido a una significancia (p-valor) menos a 0.05 (5%).

En la tabla anterior se puede observar el siguiente orden de generación de densidad de potencia eléctrica a circuito cerrado: 3P>9S>9P>3S-P>3P-S; 3S>9S>9P>3S-P>3P-S

Asimismo, no se pudo determinar diferencias significativas entre las conexiones 3P y 3S.

5.2.2 Resultados del primer objetivo específico

“**Objetivo específico 1:** Determinar la variación en los valores de las magnitudes eléctricas del apilamiento de las celdas de combustible planta microbiana (CCPM) cultivadas con la especie *Fragaria spp.* conectadas en serie durante la generación de bioelectricidad.”

Con la finalidad de establecer si las magnitudes eléctricas (voltaje, intensidad de corriente eléctrica, resistencia, potencia eléctrica, y densidad de potencia eléctrica) varían según el apilamiento de las celdas de combustible planta microbiano (CCPM) cultivadas con la especie *Fragaria spp* conectadas en serie durante la generación de bioelectricidad, se estableció un análisis estadístico por magnitud eléctrica, en donde de uso una prueba paramétrica (ANOVA) o no paramétrica (H. Kruskal - Wallis) según el cumplimiento de supuestos (ver **Anexo V**); los resultados de este análisis se muestran a continuación:

A. Voltaje en circuito abierto

A continuación, se presenta los resultados de los análisis estadísticos de la generación de voltaje a circuito abierto en las diferentes configuraciones de celdas dispuestos en series

Tabla 38

Intervalos de confianza para la media (95%) del voltaje generado en circuito abierto para disposiciones de celdas en serie

Medidas	3S	9S	3S-P
Media =	2.449	4.879	2.382
Error estándar =	0.003	0.023	0.003
IC 95% Límite inferior =	2.436	4.781	2.367
IC 95% Límite superior =	2.463	4.977	2.396

Nota: Datos procesados con el programa estadístico SPSS

Luego de describir los estadísticos descriptivos para el voltaje generado en circuito abierto según disposiciones de celdas en series, se evaluó si en cada grupo o disposición de celdas en serie (3S, 9S, 3S-P), existían diferencias significativas de voltaje, para ello se formulan las siguientes hipótesis:

- **H_A:** Existen diferencias significativas de generación de voltaje a circuito abierto en las diferentes configuraciones en serie de las CCPM cultivadas con la especie *Fragaria spp.*
- **H₀:** No existen diferencias significativas de generación de voltaje a circuito abierto en las diferentes configuraciones en serie de las CCPM cultivadas con la especie *Fragaria spp.*

Con el fin de establecer diferencias de voltaje a circuito abierto en los diferentes grupos de disposición de celdas en serie (3S, 9S, 3S-P), se utilizó el análisis de H Kruskal – Wallis.

Tabla 39

Prueba de Kruskal Wallis para el voltaje en circuito abierto en diferentes disposiciones en serie

Parámetro	gl	p-valor
Voltaje en circuito abierto	2	0.027

Nota: Datos procesados con el programa estadístico SPSS

De acuerdo a la tabla anterior, el p-valor es igual a 0.027, valor menor a 0.05 (5%), lo cual indica la existencia de diferencias en la generación de voltaje a circuito abierto en las distintas disposiciones en serie (3S, 9S, 3S-P), por lo que se acepta la hipótesis alterna de que “existen diferencias significativas de generación de voltaje a circuito abierto en las diferentes configuraciones en serie de las CCPM cultivadas con la especie *Fragaria spp*”.

Asimismo, a continuación, a través de las comparaciones múltiples (análisis POST HOC - Prueba de Tukey), se determinaron en que grupos se encuentran esas diferencias.

Tabla 40

Comparaciones múltiples entre grupos (3S, 9S, 3S-P) para la generación de voltaje en circuito abierto

Medidas	Procedencia	Diferencia de medias	Error típico	Sig. (p-valor)
3S	9S	-2.430*	0.019	0.000
	3S-P	0.068*	0.019	0.027
9S	3S	2.430*	0.019	0.000
	3S-P	2.498*	0.019	0.000
3S-P	3S	-0.068*	0.019	0.027
	9S	-2.498*	0.019	0.000

Nota. (*) = significa que existen diferencias entre grupos, debido a una significancia (p-valor) menos a 0.05 (5%).

En la tabla anterior se puede observar que existen diferencias de generación de voltaje en todos los grupos o disposiciones en series (3S, 9S, 3S-P), pero que además el orden decreciente de generación de voltaje a circuito abierto es el siguiente 9S>3S>3S-P.

B. Voltaje en circuito cerrado

A continuación, se presenta los resultados del análisis estadístico de la generación de voltaje a circuito cerrado en las diferentes configuraciones de las celdas de combustible planta microbiana conectadas en serie.

Tabla 41

Intervalos de confianza para la media (95%) del voltaje generado en circuito cerrado para las disposiciones de celdas en serie

Medidas	3S	9S	3S-P
Media =	2.261	4.616	2.167
Error estándar =	0.004	0.018	0.002
IC 95% Límite inferior =	2.245	4.537	2.157
IC 95% Límite superior =	2.278	4.695	2.177

Nota: Datos procesados con el programa estadístico SPSS

Luego de descrito los estadísticos descriptivos para el voltaje generado en circuito cerrado según disposiciones de celdas en series, se evaluó si en cada grupo o disposición de celdas en serie (3S, 9S, 3S-P), existían diferencias significativas de voltaje, para ello se formulan las siguientes hipótesis:

- **H_A:** Existen diferencias significativas de generación de voltaje a circuito cerrado en las diferentes configuraciones en serie de las CCPM cultivadas con la especie *Fragaria spp.*
- **H₀:** No existen diferencias significativas de generación de voltaje a circuito cerrado en las diferentes configuraciones en serie de las CCPM cultivadas con la especie *Fragaria spp.*

Con el fin de establecer diferencias de voltaje a circuito cerrado en los diferentes grupos de disposición de celdas en serie (3S, 9S, 3S-P), se utilizó el análisis paramétrico ANOVA Intersujetos.

Tabla 42

Prueba ANOVA Intersujetos para el voltaje en circuito cerrado en diferentes en series

Parámetro	F	p-valor
Diferencia entre grupos	16355.978	0.0000

Nota: Datos procesados con el programa estadístico SPSS

Según la tabla anterior con un p-valor igual a 0.0000, menor a 0.05 (5%), estaría demostrado que existe diferencias de generación de voltaje a circuito cerrado en las distintas disposiciones en serie (3S, 9S, 3S-P), por lo que se acepta la hipótesis alterna de que “existen diferencias significativas de generación de

voltaje a circuito cerrado en las diferentes configuraciones en serie de las CCPM cultivadas con la especie *Fragaria spp*".

Asimismo, a continuación, a través de las comparaciones múltiples (análisis POST HOC – Prueba Tukey), se determinaron en que grupos se encuentran esas diferencias.

Tabla 43

Comparaciones múltiples entre grupos (3S, 9S, 3S-P), para la generación de voltaje a circuito cerrado

Medidas	Procedencia	Diferencia de medias	Error típico	Sig. (p-valor)
3S	9S	-2.355*	0.015	0.000
	3S-P	0.094*	0.015	0.002
9S	3S	2.355*	0.015	0.000
	3S-P	2.449*	0.015	0.000
3S-P	3S	-0.094*	0.015	0.002
	9S	-2.449*	0.015	0.000

Nota. (*) = significa que existen diferencias entre grupos, debido a una significancia (p-valor) menos a 0.05 (5%).

En la tabla anterior se puede observar que existen diferencias de generación de voltaje en todos los grupos o disposiciones en series (3S, 9S, 3S-P), pero que además el orden decreciente de generación de voltaje a circuito cerrado sería el siguiente 9S>3S>3S-P.

C. Intensidad de corriente eléctrica en circuito abierto

A continuación, se presenta los resultados del análisis estadístico de la generación de intensidad de corriente eléctrica en circuito abierto en las diferentes configuraciones de celdas dispuestos en series.

Tabla 44

Intervalos de confianza para la media (95%) de la intensidad de corriente eléctrica generada en circuito abierto para las disposiciones de celdas en serie

Medidas	3S	9S	3S-P
Media =	0.562	0.581	0.968
Error estándar =	0.001	0.001	0.002
IC 95% Límite inferior =	0.556	0.576	0.961

Medidas	3S	9S	3S-P
IC 95% Límite superior =	0.567	0.587	0.974

Nota: Datos procesados con el programa estadístico SPSS

Luego de describir los estadísticos descriptivos para la corriente eléctrica generada en circuito abierto según disposiciones de celdas en series, se evaluó si en cada grupo o disposición de celdas en serie (3S, 9S, 3S-P), existían diferencias significativas de corriente eléctrica, para ello se formula las siguientes hipótesis:

- **H_A:** Existen diferencias significativas de generación de intensidad de corriente eléctrica a circuito abierto en las diferentes configuraciones en serie de las CCPM cultivadas con la especie *Fragaria spp.*
- **H₀:** No existen diferencias significativas de generación de intensidad de corriente eléctrica a circuito abierto en las diferentes configuraciones en serie de las CCPM cultivadas con la especie *Fragaria spp.*

Con el fin de establecer diferencias de corriente eléctrica a circuito abierto en los diferentes grupos de disposición de celdas en serie (3S, 9S, 3S-P), se utilizó el análisis paramétrico ANOVA Intersujetos.

Tabla 45

Prueba ANOVA Intersujetos para el voltaje en circuito cerrado en diferentes en series

Parámetro	F	p-valor
Diferencia entre grupos	28725.088	0.0000

Nota: Datos procesados con el programa estadístico SPSS

Según la tabla anterior con un p-valor igual a 0.0000, menor a 0.05 (5%), estaría demostrado que existe diferencias de generación de intensidad de corriente eléctrica a circuito abierto en las distintas disposiciones en serie (3S, 9S, 3S-P), por lo que se acepta la hipótesis alterna de que “existen diferencias significativas de generación de intensidad de corriente eléctrica a circuito abierto en las diferentes configuraciones en serie de las CCPM cultivadas con la especie *Fragaria spp.*”.

Asimismo, a continuación, a través de las comparaciones múltiples (análisis POST HOC – Prueba Tukey), se determinaron en que grupos se encuentran esas diferencias.

Tabla 46

Comparaciones múltiples entre grupos (3S, 9S, 3S-P), para la generación de intensidad de corriente eléctrica a circuito abierto

Medidas	Procedencia	Diferencia de medias	Error típico	Sig. (p-valor)
3S	9S	-0.019*	0.002	0.000
	3S-P	-0.406*	0.002	0.000
9S	3S	0.019*	0.002	0.000
	3S-P	-0.386*	0.002	0.000
3S-P	3S	0.406*	0.002	0.000
	9S	0.386*	0.002	0.000

Nota. (*) = significa que existen diferencias entre grupos, debido a una significancia (p-valor) menos a 0.05 (5%).

En la tabla anterior se puede observar que existen diferencias de generación de corriente eléctrica en todos los grupos o disposiciones en series (3S, 9S, 3S-P), pero que además el orden decreciente de generación de corriente eléctrica a circuito abierto es el siguiente 3S-P>9S>3S.

D. Intensidad de corriente eléctrica en circuito cerrado

A continuación, se presenta los resultados del análisis estadístico de la generación de intensidad de corriente eléctrica en circuito cerrado en las diferentes configuraciones de celdas dispuestos en series.

Tabla 47

Intervalos de confianza para la media (95% de la intensidad de corriente eléctrica generada en circuito cerrado para disposiciones de celdas en serie

Medidas	3S	9S	3S-P
Media =	0.507	0.525	0.912
Error estándar =	0.002	0.004	0.001
IC 95% Límite inferior =	0.500	0.508	0.907
IC 95% Límite superior =	0.514	0.542	0.917

Nota: Datos procesados con el programa estadístico SPSS

Luego de descrito los estadísticos descriptivos para la corriente eléctrica generada en circuito cerrado según disposiciones de celdas en serie, se evaluó si en cada grupo o disposición de celdas en serie (3S, 9S, 3S-P), existían diferencias significativas de corriente eléctrica, para ello se formula las siguientes hipótesis:

- **H_A:** Existen diferencias significativas de generación de intensidad de corriente eléctrica a circuito cerrado en las diferentes configuraciones en serie de las CCPM cultivadas con la especie *Fragaria spp.*
- **H_o:** No existen diferencias significativas de generación de intensidad de corriente eléctrica a circuito cerrado en las diferentes configuraciones en serie de las CCPM cultivadas con la especie *Fragaria spp.*

Con el fin de establecer diferencias de intensidad de corriente eléctrica a circuito cerrado en los diferentes grupos de disposición de celdas en serie (3S, 9S, 3S-P), se utilizó el análisis paramétrico ANOVA Intersujetos.

Tabla 48

Prueba ANOVA Intersujetos para la intensidad de corriente eléctrica en circuito cerrado en diferentes disposiciones en serie

Parámetro	F	p-valor
Diferencia entre grupos	7852.949	0.0000

Nota: Datos procesados con el programa estadístico SPSS

Según la tabla anterior con un p-valor igual a 0.000, menor a 0.05 (5%), estaría demostrado que existe diferencias de generación de corriente eléctrica a circuito cerrado en las distintas disposiciones en serie (3S, 9S, 3S-P), por lo que se acepta la hipótesis alterna de que “existen diferencias significativas de generación de corriente eléctrica a circuito cerrado en las diferentes configuraciones en serie de las CCPM cultivadas con la especie *Fragaria spp.*”.

Asimismo, a continuación, a través de las comparaciones múltiples (análisis POST HOC – Prueba Tukey), se determinaron en que grupos se encuentran esas diferencias.

Tabla 49

Comparaciones múltiples entre grupos (3S, 9S, 3S-P), para la intensidad de corriente eléctrica en circuito cerrado

Medidas	Procedencia	Diferencia de medias	Error típico	Sig. (p-valor)
3S	9S	-0.018*	0.004	0.006
	3S-P	-0.405*	0.004	0.000
9S	3S	0.018*	0.004	0.006
	3S-P	-0.387*	0.004	0.000
3S-P	3S	0.405*	0.004	0.000
	9S	0.387*	0.004	0.000

Nota. (*) = significa que existen diferencias entre grupos, debido a una significancia (p-valor) menos a 0.05 (5%).

En la tabla anterior se puede observar que existen diferencias de generación de corriente eléctrica en todos los grupos o disposiciones en series (3S, 9S, 3S-P), pero que además el orden decreciente de generación de corriente eléctrica a circuito cerrado sería el siguiente 3S-P>9S>3S.

E. Resistencia en circuito abierto

A continuación, se presenta los resultados del análisis estadístico de la resistencia a circuito abierto en las diferentes configuraciones de celdas dispuestos en series.

Tabla 50

Intervalos de confianza para la media (95%) de la resistencia en circuito abierto para disposiciones de celdas en series

Medidas	3S	9S	3S-P
Media =	4.375	8.334	2.457
Error estándar =	0.009	0.029	0.003
IC 95% Límite inferior =	4.338	8.210	2.446
IC 95% Límite superior =	4.412	8.458	2.468

Nota: Datos procesados con el programa estadístico SPSS

Luego de descrito los estadísticos descriptivos para resistencia en circuito abierto según disposiciones de celdas en series, se evaluó si en cada grupo o

disposición de celdas en serie (3S, 9S, 3S-P), existían diferencias significativas resistencia, para ello se formula las siguientes hipótesis:

- **H_A**: Existen diferencias significativas de resistencia a circuito abierto en las diferentes configuraciones en serie de las CCPM cultivadas con la especie *Fragaria spp.*
- **H₀**: No existen diferencias significativas de resistencia a circuito abierto en las diferentes configuraciones en serie de las CCPM cultivadas con la especie *Fragaria spp.*

Con el fin de establecer diferencias de resistencia a circuito abierto en los diferentes grupos de disposición de celdas en serie (3S, 9S, 3S-P), se utilizó el análisis de H Kruskal – Wallis.

Tabla 51

Prueba de Kruskal Wallis para la resistencia en circuito abierto en diferentes disposiciones en serie

Parámetro	gl	p-valor
Resistencia en circuito abierto	2	0.027

Nota: Datos procesados con el programa estadístico SPSS

Según la tabla anterior con un p-valor igual a 0.027, menor a 0.05 (5%), estaría demostrado que existe diferencias de resistencia a circuito abierto en las distintas disposiciones en serie (3S, 9S, 3S-P), por lo que se acepta la hipótesis alterna de que “existen diferencias significativas de resistencia a circuito abierto en las diferentes configuraciones en serie de las CCPM cultivadas con la especie *Fragaria spp.*”.

Asimismo, a continuación, a través de las comparaciones múltiples (análisis POST HOC – Prueba Tukey), se determinaron en que grupos se encuentran esas diferencias.

Tabla 52

Comparaciones múltiples entre grupos (3S, 9S, 3S-P), para la resistencia a circuito abierto

Medidas	Procedencia	Diferencia de medias	Error típico	Sig. (p-valor)
3S	9S	-3.959*	0.025	0.000
	3S-P	1.918*	0.025	0.000
9S	3S	3.959*	0.025	0.000
	3S-P	5.877*	0.025	0.000
3S-P	3S	-1.918*	0.025	0.000
	9S	-5.877*	0.025	0.000

Nota. (*) = significa que existen diferencias entre grupos, debido a una significancia (p-valor) menos a 0.05 (5%).

En la tabla anterior se puede observar que existen diferencias de resistencia en todos los grupos o disposiciones en series (3S, 9S, 3S-P), pero que además el orden decreciente de resistencia a circuito abierto es el siguiente 9S>3S>3S-P.

F. Resistencia en circuito cerrado

A continuación, se presenta los resultados del análisis estadístico de resistencia a circuito cerrado en las diferentes configuraciones de celdas dispuestos en series.

Tabla 53

Intervalos de confianza para la media (95%) de la resistencia generada en circuito cerrado para disposiciones de celdas en serie

Medidas	3S	9S	3S-P
Media =	4.488	8.759	2.369
Error estándar =	0.014	0.072	0.004
IC 95% Límite inferior =	4.427	8.447	2.353
IC 95% Límite superior =	4.550	9.070	2.385

Nota: Datos procesados con el programa estadístico SPSS

Luego de descrito los estadísticos descriptivos para resistencia en circuito cerrado según disposiciones de celdas en series, se evaluó si en cada grupo o disposición de celdas en serie (3S, 9S, 3S-P), existían diferencias significativas resistencia, para ello se formula las siguientes hipótesis:

- **H_A**: Existen diferencias significativas de resistencia a circuito cerrado en las diferentes configuraciones en serie de las CCPM cultivadas con la especie *Fragaria spp.*
- **H₀**: No existen diferencias significativas de resistencia a circuito cerrado en las diferentes configuraciones en serie de las CCPM cultivadas con la especie *Fragaria spp.*

Con el fin de establecer diferencias de resistencia a circuito cerrado en los diferentes grupos de disposición de celdas en serie (3S, 9S, 3S-P), se utilizó el análisis de H Kruskal – Wallis.

Tabla 54

Prueba de Kruskal Wallis para la resistencia en circuito cerrado en diferentes disposiciones en series

Parámetro	gl	p-valor
Resistencia en circuito cerrado	2	0.027

Nota: Datos procesados con el programa estadístico SPSS

Según la tabla anterior con un p-valor igual a 0.027, menor a 0.05 (5%), estaría demostrado que existe diferencias de resistencia a circuito cerrado en las distintas disposiciones en serie (3S, 9S, 3S-P), por lo que se acepta la hipótesis alterna de que “existen diferencias significativas de resistencia a circuito cerrado en las diferentes configuraciones en serie de las CCPM cultivadas con la especie *Fragaria spp.*”

Asimismo, a continuación, a través de las comparaciones múltiples (análisis POST HOC – Prueba Tukey), se determinaron en que grupos se encuentran esas diferencias.

Tabla 55

Comparaciones múltiples entre grupos (3S, 9S, 3S-P), para la resistencia a circuito cerrado

Medidas	Procedencia	Diferencia de medias	Error típico	Sig. (p-valor)
3S	9S	-4.270*	0.060	0.000
	3S-P	2.119*	0.060	0.000
9S	3S	4.270*	0.060	0.000
	3S-P	6.389*	0.060	0.000
3S-P	3S	-2.119*	0.060	0.000
	9S	-6.389*	0.060	0.000

Nota. (*) = significa que existen diferencias entre grupos, debido a una significancia (p-valor) menos a 0.05 (5%).

En la tabla anterior se puede observar que existen diferencias de resistencia en todos los grupos o disposiciones en series (3S, 9S, 3S-P), pero además el orden decreciente de resistencia a circuito cerrado es el siguiente 9S>3S>3S-P.

G. Potencia eléctrica en circuito abierto

A continuación, se presenta los resultados del análisis estadístico de la generación de potencia eléctrica a circuito abierto en las diferentes configuraciones de celdas dispuestos en serie.

Tabla 56

Intervalos de confianza para la media (95%) de la potencia eléctrica generada en circuito abierto para disposiciones de celdas en serie

Medidas	3S	9S	3S-P
Media =	1.397	2.901	2.333
Error estándar =	0.005	0.020	0.007
IC 95% Límite inferior =	1.375	2.817	2.303
IC 95% Límite superior =	1.420	2.986	2.363

Nota: Datos procesados con el programa estadístico SPSS

Luego de descrito los estadísticos descriptivos para la potencia eléctrica a circuito abierto según disposiciones de celdas en series, se evaluó si en cada grupo o disposición de celdas en serie (3S, 9S, 3S-P), existían diferencias significativas en la potencia eléctrica, para ello se formula las siguientes hipótesis:

- **H_A:** Existen diferencias significativas de potencia eléctrica a circuito abierto en las diferentes configuraciones en serie de las CCPM cultivadas con la especie *Fragaria spp.*
- **H₀:** No existen diferencias significativas de potencia eléctrica a circuito abierto en las diferentes configuraciones en serie de las CCPM cultivadas con la especie *Fragaria spp.*

Con el fin de establecer diferencias de potencia eléctrica a circuito abierto en los diferentes grupos de disposición de celdas en serie (3S, 9S, 3S-P), se utilizó el análisis de H Kruskal – Wallis.

Tabla 57

Prueba de Kruskal Wallis para la potencia eléctrica en circuito abierto en diferentes disposiciones en serie

Parámetro	gl	p-valor
Potencia eléctrica en circuito abierto	2	0.027

Nota: Datos procesados con el programa estadístico SPSS

Según la tabla anterior con un p-valor igual a 0.027, menor a 0.05 (5%), estaría demostrado que existe diferencias de potencia eléctrica a circuito abierto en las distintas disposiciones en serie (3S, 9S, 3S-P), por lo que se acepta la hipótesis alterna de que “existen diferencias significativas de potencia eléctrica a circuito abierto en las diferentes configuraciones en serie de las CCPM cultivadas con la especie *Fragaria spp.*”.

Asimismo, a continuación, a través de las comparaciones múltiples (análisis POST HOC – Prueba Tukey), se determinaron en que grupos se encuentran esas diferencias.

Tabla 58

Comparaciones múltiples entre grupos (3S, 9S, 3S-P), para la potencia eléctrica a circuito abierto

Medidas	Procedencia	Diferencia de medias	Error típico	Sig. (p-valor)
3S	9S	-1.504*	0.018	0.000
	3S-P	-0.935*	0.018	0.000
9S	3S	1.504*	0.018	0.000
	3S-P	0.568*	0.018	0.000
3S-P	3S	0.935*	0.018	0.000
	9S	-0.568*	0.018	0.000

Nota. (*) = significa que existen diferencias entre grupos, debido a una significancia (p-valor) menos a 0.05 (5%).

En la tabla anterior se puede observar que existen diferencias de generación de potencia eléctrica en todos los grupos o disposiciones en series (3S, 9S, 3S-P), pero que además el orden decreciente de generación de potencia eléctrica a circuito abierto sería el siguiente 9S>3S-P>3S.

H. Potencia eléctrica en circuito cerrado

A continuación, se presenta los resultados del análisis estadístico de la generación de potencia eléctrica a circuito cerrado en las diferentes configuraciones de celdas dispuestos en serie.

Tabla 59

Intervalos de confianza para la media (95%) de la potencia eléctrica generada en circuito cerrado para disposiciones de celdas en serie

Medidas	3S	9S	3S-P
Media =	1.217	2.584	2.055
Error estándar =	0.005	0.027	0.004
IC 95% Límite inferior =	1.193	2.466	2.035
IC 95% Límite superior =	1.240	2.701	2.074

Nota: Datos procesados con el programa estadístico SPSS

Luego de descrito los estadísticos descriptivos para la potencia eléctrica a circuito cerrado según disposiciones de celdas en serie, se evaluó si en cada grupo o disposición de celdas en serie (3S, 9S, 3S-P), existían diferencias

significativas en la potencia eléctrica, para ello se formula las siguientes hipótesis:

- **H_A**: Existen diferencias significativas de potencia eléctrica a circuito cerrado en las diferentes configuraciones en serie de las CCPM cultivadas con la especie *Fragaria spp.*
- **H₀**: No existen diferencias significativas de potencia eléctrica a circuito cerrado en las diferentes configuraciones en serie de las CCPM cultivadas con la especie *Fragaria spp.*

Con el fin de establecer diferencias de potencia eléctrica a circuito cerrado en los diferentes grupos de disposición de celdas en serie (3S, 9S, 3S-P), se utilizó el análisis de H Kruskal – Wallis.

Tabla 60

Prueba de Kruskal Wallis para la potencia eléctrica en circuito cerrado en diferentes disposiciones en series

Parámetro	gl	p-valor
Potencia eléctrica en circuito abierto	2	0.027

Nota: Datos procesados con el programa estadístico SPSS

Según la tabla anterior con un p-valor igual a 0.027, menor a 0.05 (5%), estaría demostrado que existe diferencias de potencia eléctrica a circuito cerrado en las distintas disposiciones en serie (3S, 9S, 3S-P), por lo que se acepta la hipótesis alterna de que “existen diferencias significativas de potencia eléctrica a circuito cerrado en las diferentes configuraciones en serie de las CCPM cultivadas con la especie *Fragaria spp.*”.

Asimismo, a continuación, a través de las comparaciones múltiples (análisis POST HOC – Prueba Tukey), se determinaron en que grupos se encuentran esas diferencias.

Tabla 61

Prueba de Kruskal Wallis para la potencia eléctrica en circuito cerrado en diferentes disposiciones en serie

Medidas	Procedencia	Diferencia de medias	Error típico	Sig. (p-valor)
3S	9S	-1.367*	0.023	0.000
	3S-P	-0.838*	0.023	0.000
9S	3S	1.367*	0.023	0.000
	3S-P	0.529*	0.023	0.000
3S-P	3S	0.838*	0.023	0.000
	9S	-0.529*	0.023	0.000

Nota. (*) = significa que existen diferencias entre grupos, debido a una significancia (p-valor) menos a 0.05 (5%).

En la tabla anterior se puede observar que existen diferencias de generación de potencia eléctrica en todos los grupos o disposiciones en serie (3S, 9S, 3S-P), pero que además el orden decreciente de generación de potencia eléctrica a circuito cerrado sería el siguiente 9S>3S-P>3S.

I. Densidad potencia eléctrica en circuito abierto

A continuación, se presenta los resultados del análisis estadístico de la generación de densidad de potencia eléctrica en circuito abierto en las diferentes configuraciones de celdas dispuestos en serie.

Tabla 62

Intervalos de confianza para la media (95%) de la densidad de potencia eléctrica generada en circuito abierto para disposiciones de celdas en serie

Medidas	3S	9S	3S-P
Media =	164.730	114.018	91.679
Error estándar =	0.636	0.770	0.279
IC 95% Límite inferior =	161.994	110.704	90.478
IC 95% Límite superior =	167.466	117.333	92.880

Nota: Datos procesados con el programa estadístico SPSS

Luego de descrito los estadísticos descriptivos para la densidad de potencia eléctrica generada en circuito abierto según disposiciones de celdas en serie, se evaluó si en cada grupo o disposición de celdas en serie (3S, 9S, 3S-P), existían

diferencias significativas de densidad de potencia eléctrica, para ello se formula las siguientes hipótesis:

- **H_A**: Existen diferencias significativas en la generación de densidad de potencia eléctrica a circuito abierto en las diferentes configuraciones en serie de las CCPM cultivadas con la especie *Fragaria spp.*
- **H₀**: No existen diferencias significativas en la generación de densidad de potencia eléctrica a circuito abierto en las diferentes configuraciones en serie de las CCPM cultivadas con la especie *Fragaria spp.*

Con el fin de establecer diferencias de densidad de potencia eléctrica a circuito abierto en los diferentes grupos de disposición de celdas en serie (3S, 9S, 3S-P), se utilizó el análisis paramétrico ANOVA Intersujetos.

Tabla 63

Prueba ANOVA Inter sujetos para la densidad de potencia eléctrica en circuito abierto en diferentes disposiciones en series

Parámetro	F	p-valor
Diferencia entre grupos	3907.840	0.0000

Nota: Datos procesados con el programa estadístico SPSS

Según la tabla anterior con un p-valor igual a 0.000, menor a 0.05 (5%), estaría demostrado que existe diferencias de generación densidad de potencia eléctrica a circuito abierto en las distintas disposiciones en serie (3S, 9S, 3S-P), por lo que se acepta la hipótesis alterna de que “existen diferencias significativas de generación de densidad de potencia eléctrica a circuito abierto en las diferentes configuraciones en serie de las CCPM cultivadas con la especie *Fragaria spp.*”.

Asimismo, a continuación, a través de las comparaciones múltiples (análisis POST HOC – Prueba Tukey), se determinaron en que grupos se encuentran esas diferencias.

Tabla 64

Comparaciones múltiples entre grupos (3S, 9S, 3S-P), para la generación de densidad de potencia eléctrica a circuito abierto

Medidas	Procedencia	Diferencia de medias	Error típico	Sig. (p-valor)
3S	9S	50.712*	0.847	0.000
	3S-P	73.051*	0.847	0.000
9S	3S	-50.712*	0.847	0.000
	3S-P	22.339*	0.847	0.000
3S-P	3S	-73.051*	0.847	0.000
	9S	-22.339*	0.847	0.000

Nota. (*) = significa que existen diferencias entre grupos, debido a una significancia (p-valor) menos a 0.05 (5%).

En la tabla anterior se puede observar que existen diferencias de generación de densidad de potencia eléctrica en todos los grupos o disposiciones en series (3S, 9S, 3S-P), pero que además el orden decreciente de generación de densidad de potencia eléctrica a circuito abierto sería el siguiente $3S > 9S > 3S-P$.

J. Densidad potencia eléctrica en circuito cerrado

A continuación, se presenta los resultados del análisis estadístico de la generación de densidad de potencia eléctrica en circuito cerrado en las diferentes configuraciones de celdas dispuestos en series.

Tabla 65

Intervalos de confianza para la media (95%) de la densidad de potencia eléctrica generada en circuito cerrado para disposiciones de celdas en series

Medidas	3S	9S	3S-P
Media =	143.424	114.866	93.475
Error estándar =	0.664	1.195	0.116
IC 95% Límite inferior =	140.569	109.724	92.975
IC 95% Límite superior =	146.279	120.008	93.974

Nota: Datos procesados con el programa estadístico SPSS

Luego de descrito los estadísticos descriptivos para la densidad de potencia eléctrica generada en circuito abierto según disposiciones de celdas en series, se evaluó si en cada grupo o disposición de celdas en serie (3S, 9S, 3S-P),

existían diferencias significativas de densidad de potencia eléctrica, para ello se formula las siguientes hipótesis:

- **H_A**: Existen diferencias significativas en la generación de densidad de potencia eléctrica a circuito cerrado en las diferentes configuraciones en serie de las CCPM cultivadas con la especie *Fragaria spp.*
- **H₀**: No existen diferencias significativas en la generación de densidad de potencia eléctrica a circuito cerrado en las diferentes configuraciones en serie de las CCPM cultivadas con la especie *Fragaria spp.*

Con el fin de establecer diferencias de densidad de potencia eléctrica a circuito abierto en los diferentes grupos de disposición de celdas en serie (3S, 9S, 3S-P), se utilizó el análisis de H. Kruskal – Wallis.

Tabla 66

Prueba de Kruskal Wallis para la densidad de potencia eléctrica en circuito cerrado en diferentes disposiciones en serie

Parámetro	gl	p-valor
Potencia eléctrica en circuito cerrado	2	0.027

Nota: Datos procesados con el programa estadístico SPSS

Según la tabla anterior con un p-valor igual a 0.027, menor a 0.05 (5%), estaría demostrado que existe diferencias de generación densidad de potencia eléctrica a circuito cerrado en las distintas disposiciones en serie (3S, 9S, 3S-P), por lo que se acepta la hipótesis alterna de que “existen diferencias significativas de generación de densidad de potencia eléctrica a circuito cerrado en las diferentes configuraciones en serie de las CCPM cultivadas con la especie *Fragaria spp.*”.

Asimismo, a continuación, a través de las comparaciones múltiples (análisis POST HOC – Prueba Tukey), se determinaron en que grupos se encuentran esas diferencias.

Tabla 67

Comparaciones múltiples entre grupos (3S, 9S, 3S-P), para la generación de densidad de potencia eléctrica a circuito cerrado

Medidas	Procedencia	Diferencia de medias	Error típico	Sig. (p-valor)
3S	9S	28.558*	1.120	0.000
	3SP	49.949*	1.120	0.000
9S	3S	-28.558*	1.120	0.000
	3SP	21.392*	1.120	0.000
3SP	3S	-49.949*	1.120	0.000
	9S	-21.392*	1.120	0.000

Nota. (*) = significa que existen diferencias entre grupos, debido a una significancia (p-valor) menos a 0.05 (5%).

En la tabla anterior se puede observar que existen diferencias de generación de densidad de potencia eléctrica en todos los grupos o disposiciones en series (3S, 9S, 3S-P), pero que además el orden decreciente de generación de densidad de potencia eléctrica a circuito abierto sería el siguiente $3S > 9S > 3S-P$.

5.2.3 Resultados del segundo objetivo específico

“Objetivo específico 2: Determinar la variación en los valores de las magnitudes eléctricas del apilamiento de las celdas de combustible planta microbiana (CCPM) cultivadas con la especie *Fragaria spp.* conectadas en paralelo durante la generación de bioelectricidad.”

Con la finalidad de establecer si las magnitudes eléctricas (voltaje, intensidad de corriente eléctrica, resistencia, potencia eléctrica, y densidad de potencia eléctrica) varían según el apilamiento de las celdas de combustible planta microbiano (CCPM) cultivadas con la especie *Fragaria spp.* conectadas en paralelo durante la generación de bioelectricidad, se estableció un análisis estadístico por magnitud eléctrica, en donde de uso una prueba paramétrica (ANOVA) o no paramétrica (H Kruskal - Wallis) según el cumplimiento de supuestos (ver **Anexo V**); los resultados de este análisis se muestran a continuación:

A. Voltaje en circuito abierto

A continuación, se presenta los resultados de los análisis estadísticos de la generación de voltaje a circuito abierto en las diferentes configuraciones de celdas dispuestas en paralelo.

Tabla 68

Intervalos de confianza para la media (95%) del voltaje generado en circuito abierto para disposiciones de celdas en paralelo

Medidas	3P	9P	3P-S
Media =	0.707	0.595	1.167
Error estándar =	0.022	0.022	0.066
IC 95% Límite inferior =	0.611	0.499	0.885
IC 95% Límite superior =	0.804	0.692	1.449

Nota: Datos procesados con el programa estadístico SPSS

Luego de descrito los estadísticos descriptivos para el voltaje generado en circuito abierto según disposiciones de celdas en paralelo, se evaluó si en cada grupo o disposición de celdas en serie (3P, 9P, 3P-S), existían diferencias significativas de voltaje, para ello se formulan las siguientes hipótesis:

- **H_A:** Existen diferencias significativas de generación de voltaje a circuito abierto en las diferentes configuraciones en paralelo de las CCPM cultivadas con la especie *Fragaria spp.*
- **H₀:** No existen diferencias significativas de generación de voltaje a circuito abierto en las diferentes configuraciones en paralelo de las CCPM cultivadas con la especie *Fragaria spp.*

Con el fin de establecer diferencias de voltaje a circuito abierto en los diferentes grupos de disposición de celdas en paralelo (3P, 9P, 3P-S), se utilizó el análisis de H Kruskal – Wallis.

Tabla 69

Prueba de Kruskal Wallis para el voltaje en circuito abierto en diferentes disposiciones en paralelo

Parámetro	gl	p-valor
Voltaje en circuito abierto	2	0.027

Nota: Datos procesados con el programa estadístico SPSS

De acuerdo a la tabla anterior, el p-valor es igual a 0.027, valor menor a 0.05 (5%), lo cual indica la existencia de diferencias en la generación de voltaje a circuito abierto en las distintas disposiciones en paralelo (3P, 9P, 3P-S), por lo que se acepta la hipótesis alterna de que “existen diferencias significativas de generación de voltaje a circuito abierto en las diferentes configuraciones en serie de las CCPM cultivadas con la especie *Fragaria spp*”.

Asimismo, a continuación, a través de las comparaciones múltiples (análisis POST HOC - Prueba de Tukey), se determinaron en que grupos se encuentran esas diferencias.

Tabla 70

Comparaciones múltiples entre grupos (3P, 9P, 3P-S) para la generación de voltaje en circuito abierto

Medidas	Procedencia	Diferencia de medias	Error típico	Sig. (p-valor)
3P	9P	0.112196	0.060	0.223
	3P-S	-0.459740*	0.060	0.001
9P	3P	-0.112196	0.060	0.223
	3P-S	-0.571935*	0.060	0.000
3P-S	3P	0.459740*	0.060	0.001
	9P	0.571935*	0.060	0.000

Nota. (*) = significa que existen diferencias entre grupos, debido a una significancia (p-valor) menos a 0.05 (5%).

En la tabla anterior se puede observar que existen diferencias de generación de voltaje en todos los grupos o disposiciones en paralelo (3P, 9P, 3P-S), sin embargo, solo se puede asegurar que 3P-S es mayor a 3P y 9P, además, no existen diferencias significativas entre las configuraciones 3P y 9P.

B. Voltaje en circuito cerrado

A continuación, se presenta los resultados del análisis estadístico de la generación de voltaje a circuito cerrado en las diferentes configuraciones de celdas dispuestas en paralelos.

Tabla 71

Intervalos de confianza para la media (95%) del voltaje generado en circuito cerrado para disposiciones de celdas en paralelo

Medidas	3P	9P	3P-S
Media =	0.618	0.383	1.023
Error estándar =	0.011	0.011	0.032
IC 95% Límite inferior =	0.572	0.336	0.884
IC 95% Límite superior =	0.664	0.430	1.161

Nota: Datos procesados con el programa estadístico SPSS

Luego de descrito los estadísticos descriptivos para el voltaje generado en circuito cerrado según disposiciones de celdas en paralelo, se evaluó si en cada grupo o disposición de celdas en serie (3P, 9P, 3P-S), existían diferencias significativas de voltaje, para ello se formula las siguientes hipótesis:

- **H_A:** Existen diferencias significativas de generación de voltaje en circuito cerrado en las diferentes configuraciones en paralelo de las CCPM cultivadas con la especie *Fragaria spp.*
- **H₀:** No existen diferencias significativas de generación de voltaje en circuito cerrado en las diferentes configuraciones en paralelo de las CCPM cultivadas con la especie *Fragaria spp.*

Con el fin de establecer diferencias de voltaje a circuito cerrado en los diferentes grupos de disposición de celdas en paralelo (3P, 9P, 3P-S), se utilizó el análisis paramétrico H. Kruskal – Wallis.

Tabla 72

Prueba de Kruskal Wallis para el Voltaje en circuito cerrado en diferentes disposiciones en paralelos

Parámetro	F	p-valor
Voltaje en circuito cerrado	2	0.027

Nota: Datos procesados con el programa estadístico SPSS

Según la tabla anterior con un p-valor igual a 0.027, menor a 0.05 (5%), estaría demostrado que existe diferencias de generación de voltaje a circuito cerrado en las distintas disposiciones en paralelo (3P, 9P, 3P-S), por lo que se acepta la hipótesis alterna de que “existen diferencias significativas de generación de

voltaje en circuito cerrado en las diferentes configuraciones en paralelo de las CCPM cultivadas con la especie *Fragaria spp*".

Asimismo, a continuación, a través de las comparaciones múltiples (análisis POST HOC – Prueba Tukey), se determinaron en que grupos se encuentran esas diferencias.

Tabla 73

Comparaciones múltiples entre grupos (3P, 9P, 3P-S), para la generación de voltaje a circuito cerrado

Medidas	Procedencia	Diferencia de medias	Error típico	Sig. (p-valor)
3P	9P	.235382*	0.029	0.000
	3P-S	-.404321*	0.029	0.000
9P	3P	-.235382*	0.029	0.000
	3P-S	-.639703*	0.029	0.000
3P-S	3P	.404321*	0.029	0.000
	9P	.639703*	0.029	0.000

Nota. (*) = significa que existen diferencias entre grupos, debido a una significancia (p-valor) menos a 0.05 (5%).

En la tabla anterior se puede observar que existen diferencias de generación de voltaje en todos los grupos o disposiciones en paralelo (3P, 9P, 3P-S), pero que además el orden decreciente de generación de voltaje a circuito cerrado sería el siguiente 3P-S>3P>9P.

C. Intensidad de corriente eléctrica en circuito abierto

A continuación, se presenta los resultados del análisis estadístico de la generación de intensidad de corriente eléctrica en circuito abierto en las diferentes configuraciones de celdas dispuestas en paralelo.

Tabla 74

Intervalos de confianza para la media (95%) de la intensidad de corriente eléctrica generada en circuito abierto para las disposiciones de celdas en paralelo

Medidas	3P	9P	3P-S
Media =	1.354	3.486	1.244
Error estándar =	0.004	0.012	0.004
IC 95% Límite inferior =	1.336	3.436	1.225
IC 95% Límite superior =	1.373	3.536	1.263

Nota: Datos procesados con el programa estadístico SPSS

Luego de descrito los estadísticos descriptivos para la corriente eléctrica generada en circuito abierto según disposiciones de celdas en paralelo, se evaluó si en cada grupo o disposición de celdas en paralelo (3P, 9P, 3P-S), existían diferencias significativas de corriente eléctrica, para ello se formula las siguientes hipótesis:

- **H_A:** Existen diferencias significativas de generación de intensidad de corriente eléctrica a circuito abierto en las diferentes configuraciones en paralelo de las CCPM cultivadas con la especie *Fragaria spp.*
- **H₀:** No existen diferencias significativas de generación de intensidad de corriente eléctrica a circuito abierto en las diferentes configuraciones en paralelo de las CCPM cultivadas con la especie *Fragaria spp.*

Con el fin de establecer diferencias de corriente eléctrica a circuito abierto en los diferentes grupos de disposición de celdas en paralelo (3P, 9P, 3P-S), se utilizó el análisis de H Kruskal – Wallis.

Tabla 75

Con el fin de establecer diferencias de corriente eléctrica a circuito abierto en los diferentes grupos de disposición de celdas en paralelo (3P, 9P, 3P-S), se utilizó el análisis de H Kruskal – Wallis

Parámetro	gl	p-valor
Voltaje en circuito abierto	2	0.027

Nota: Datos procesados con el programa estadístico SPSS

Según la tabla anterior con un p-valor igual a 0.027, menor a 0.05 (5%), estaría demostrado que existe diferencias de generación de corriente eléctrica a circuito

abierto en las distintas disposiciones en paralelo (3P, 9P, 3P-S), por lo que se acepta la hipótesis alterna de que “existen diferencias significativas de generación de corriente eléctrica a circuito abierto en las diferentes configuraciones en paralelo de las CCPM cultivadas con la especie *Fragaria spp*”.

Asimismo, a continuación, a través de las comparaciones múltiples (análisis POST HOC – Prueba Tukey), se determinaron en que grupos se encuentran esas diferencias.

Tabla 76

Comparaciones múltiples entre grupos (3S, 9S, 3S-P), para la generación de intensidad de corriente eléctrica a circuito abierto

Medidas	Procedencia	Diferencia de medias	Error típico	Sig. (p-valor)
3S	9S	-2.131347*	0.0108	0.0000
	3S-P	.110044*	0.0108	0.0001
9S	3S	2.131347*	0.0108	0.0000
	3S-P	2.241391*	0.0108	0.0000
3S-P	3S	-.110044*	0.0108	0.0001
	9S	-2.241391*	0.0108	0.0000

Nota. (*) = significa que existen diferencias entre grupos, debido a una significancia (p-valor) menos a 0.05 (5%).

En la tabla anterior se puede observar que existen diferencias de generación de corriente eléctrica en todos los grupos o disposiciones en paralelo (3P, 9P, 3P-S), pero que además el orden decreciente de generación de corriente eléctrica a circuito abierto sería el siguiente 9P>3P>3P-S.

D. Intensidad de corriente eléctrica en circuito cerrado

A continuación, se presenta los resultados del análisis estadístico de la generación de corriente eléctrica en circuito cerrado en las diferentes configuraciones de celdas dispuestas en paralelos.

Tabla 77

Intervalos de confianza para la media (95%) de la intensidad de corriente eléctrica generada en circuito cerrado para disposiciones de celdas en paralelo

Medidas	3P	9P	3PS
Media =	1.301	3.433	1.188
Error estándar =	0.004	0.013	0.004
IC 95% Límite inferior =	1.283	3.378	1.169
IC 95% Límite superior =	1.318	3.488	1.207

Nota: Datos procesados con el programa estadístico SPSS

Luego de descrito los estadísticos descriptivos para la corriente eléctrica generada en circuito cerrado según disposiciones de celdas en paralelos, se evaluó si en cada grupo o disposición de celdas en paralelo (3P, 9P, 3P-S), existían diferencias significativas de corriente eléctrica, para ello se formula las siguientes hipótesis:

- **H_A:** Existen diferencias significativas de generación de intensidad de corriente eléctrica a circuito cerrado en las diferentes configuraciones en paralelo de las CCPM cultivadas con la especie *Fragaria spp.*
- **H₀:** No existen diferencias significativas de generación de intensidad de corriente eléctrica a circuito cerrado en las diferentes configuraciones en paralelo de las CCPM cultivadas con la especie *Fragaria spp.*

Con el fin de establecer diferencias de corriente eléctrica a circuito cerrado en los diferentes grupos de disposición de celdas en paralelo (3P, 9P, 3P-S), se utilizó el análisis de H Kruskal – Wallis.

Tabla 78

Prueba de Kruskal Wallis para la corriente eléctrica a circuito cerrado en diferentes disposiciones en paralelo

Parámetro	gl	p-valor
Voltaje en circuito cerrado	2	0.027

Nota: Datos procesados con el programa estadístico SPSS

Según la tabla anterior con un p-valor igual a 0.027, menor a 0.05 (5%), estaría demostrado que existe diferencias de generación de corriente eléctrica a circuito cerrado en las distintas disposiciones en paralelo (3P, 9P, 3P-S), por lo que se

acepta la hipótesis alterna de que “existen diferencias significativas de generación de corriente eléctrica a circuito cerrado en las diferentes configuraciones en paralelo de las CCPM cultivadas con la especie *Fragaria spp*”.

Asimismo, a continuación, a través de las comparaciones múltiples (análisis POST HOC – Prueba Tukey), se determinaron en que grupos se encuentran esas diferencias.

Tabla 79

Comparaciones múltiples entre grupos (3P, 9P, 3P-S), para la generación de corriente eléctrica a circuito cerrado.

Medidas	Procedencia	Diferencia de medias	Error típico	Sig. (p-valor)
3P	9P	-2.132557*	0.011	0.000
	3P-S	.112096*	0.011	0.000
9P	3P	2.132557*	0.011	0.000
	3P-S	2.244653*	0.011	0.000
3P-S	3P	-.112096*	0.011	0.000
	9P	-2.244653*	0.011	0.000

Nota. (*) = significa que existen diferencias entre grupos, debido a una significancia (p-valor) menos a 0.05 (5%).

En la tabla anterior se puede observar que existen diferencias de generación de corriente eléctrica en todos los grupos o disposiciones en paralelos (3P, 9P, 3P-S), pero que además el orden decreciente de generación de corriente eléctrica a circuito cerrado sería el siguiente 9P>3P>3P-S.

E. Resistencia en circuito abierto

A continuación, se presenta los resultados del análisis estadístico de la resistencia a circuito abierto en las diferentes configuraciones de celdas dispuestas en paralelo.

Tabla 80

Intervalos de confianza para la media (95%) de la resistencia en circuito abierto para disposiciones de celdas en series

Medidas	3P	9P	3P-S
Media =	1.398	1.127	1.258
Error estándar =	0.050	0.046	0.075
IC 95% Límite inferior =	1.184	0.929	0.935
IC 95% Límite superior =	1.611	1.324	1.581

Nota: Datos procesados con el programa estadístico SPSS

Luego de descrito los estadísticos descriptivos para resistencia en circuito abierto según disposiciones de celdas en paralelos, se evaluó si en cada grupo o disposición de celdas en paralelo (3P, 9P, 3P-S), existían diferencias significativas resistencia, para ello se formula las siguientes hipótesis:

- **H_A:** Existen diferencias significativas de resistencia a circuito abierto en las diferentes configuraciones en paralelo de las CCPM cultivadas con la especie *Fragaria spp.*
- **H₀:** No existen diferencias significativas de resistencia a circuito abierto en las diferentes configuraciones en paralelo de las CCPM cultivadas con la especie *Fragaria spp.*

Con el fin de establecer diferencias de resistencia a circuito abierto en los diferentes grupos de disposición de celdas en paralelo (3P, 9P, 3P-S), se utilizó el análisis de H Kruskal – Wallis.

Tabla 81

Prueba de Kruskal Wallis para la resistencia en circuito abierto en diferentes disposiciones en paralelo

Parámetro	gl	p-valor
Resistencia en circuito abierto	2	0.0113

Nota: Datos procesados con el programa estadístico SPSS

Según la tabla anterior con un p-valor igual a 0.113, es mayor a 0.05 (5%), por los que no se pueden establecer diferencias significativas entre grupos o disposiciones de celdas en paralelo, entonces se rechaza la hipótesis alterna y se acepta la nula de que “No existen diferencias significativas de resistencia a

circuito abierto en las diferentes configuraciones en paralelo de las CCPM cultivadas con la especie *Fragaria spp.*”

F. Resistencia en circuito cerrado

A continuación, se presenta los resultados del análisis estadístico de resistencia a circuito cerrado en las diferentes configuraciones de celdas dispuestas en paralelo.

Tabla 82

Intervalos de confianza para la media (95%) de la resistencia generada en circuito cerrado para disposiciones de celdas en paralelo

Medidas	3P	9P	3P-S
Media =	0.473	0.108	0.838
Error estándar =	0.008	0.003	0.029
IC 95% Límite inferior =	0.438	0.094	0.714
IC 95% Límite superior =	0.508	0.122	0.962

Nota: Datos procesados con el programa estadístico SPSS

Luego de descrito los estadísticos descriptivos para resistencia en circuito cerrado según disposiciones de celdas en paralelos, se evaluó si en cada grupo o disposición de celdas en paralelo (3P, 9P, 3P-S), existían diferencias significativas resistencia, para ello se formula las siguientes hipótesis:

- **H_A:** Existen diferencias significativas de resistencia a circuito cerrado en las diferentes configuraciones en paralelo de las CCPM cultivadas con la especie *Fragaria spp.*
- **H₀:** No existen diferencias significativas de resistencia a circuito cerrado en las diferentes configuraciones en paralelo de las CCPM cultivadas con la especie *Fragaria spp.*

Con el fin de establecer diferencias de resistencia a circuito cerrado en los diferentes grupos de disposición de celdas en paralelo (3P, 9P, 3P-S), se utilizó el análisis de H Kruskal – Wallis.

Tabla 83

Prueba de Kruskal Wallis para la resistencia en circuito cerrado en diferentes disposiciones en paralelo

Parámetro	gl	p-valor
Resistencia en circuito cerrado	2	0.027

Nota: Datos procesados con el programa estadístico SPSS

Según la tabla anterior con un p-valor igual a 0.027, menor a 0.05 (5%), estaría demostrado que existe diferencias de resistencia a circuito cerrado en las distintas disposiciones en paralelo (3P, 9P, 3P-S), por lo que se acepta la hipótesis alterna de que “existen diferencias significativas de resistencia a circuito cerrado en las diferentes configuraciones en paralelo de las CCPM cultivadas con la especie *Fragaria spp*”.

Asimismo, a continuación, a través de las comparaciones múltiples (análisis POST HOC – Prueba Tukey), se determinaron en que grupos se encuentran esas diferencias.

Tabla 84

Comparaciones múltiples entre grupos (3P, 9P, 3P-S), para la resistencia a circuito cerrado

Medidas	Procedencia	Diferencia de medias	Error típico	Sig. (p-valor)
3P	9P	.364808*	0.025	0.000
	3P-S	-.365322*	0.025	0.000
9P	3P	-.364808*	0.025	0.000
	3P-S	-.730130*	0.025	0.000
3P-S	3P	.365322*	0.025	0.000
	9P	.730130*	0.025	0.000

Nota. (*) = significa que existen diferencias entre grupos, debido a una significancia (p-valor) menos a 0.05 (5%).

En la tabla anterior se puede observar que existen diferencias de resistencia en todos los grupos o disposiciones en paralelo (3P, 9P, 3P-S), pero que además el orden decreciente de resistencia a circuito cerrado sería el siguiente 3P-S>3P>9P.

G. Potencia eléctrica en circuito abierto

A continuación, se presenta los resultados del análisis estadístico de la generación de potencia eléctrica a circuito abierto en las diferentes configuraciones de celdas dispuestas en paralelo.

Tabla 85

Intervalos de confianza para la media (95%) de la potencia eléctrica generada en circuito abierto para disposiciones de celdas en paralelo

Medidas	3P	9P	3P-S
Media =	0.983	2.148	1.514
Error estándar =	0.032	0.080	0.084
IC 95% Límite inferior =	0.846	1.803	1.154
IC 95% Límite superior =	1.120	2.493	1.875

Nota: Datos procesados con el programa estadístico SPSS

Luego de descrito los estadísticos descriptivos para la potencia eléctrica a circuito abierto según disposiciones de celdas en paralelo, se evaluó si en cada grupo o disposición de celdas en paralelo (3P, 9P, 3P-S), existían diferencias significativas en la potencia eléctrica, para ello se formula las siguientes hipótesis:

- **H_A:** Existen diferencias significativas de potencia eléctrica a circuito abierto en las diferentes configuraciones en paralelo de las CCPM cultivadas con la especie *Fragaria spp.*
- **H₀:** No existen diferencias significativas de potencia eléctrica a circuito abierto en las diferentes configuraciones en paralelo de las CCPM cultivadas con la especie *Fragaria spp.*

Con el fin de establecer diferencias de potencia eléctrica a circuito abierto en los diferentes grupos de disposición de celdas en paralelo (3P, 9P, 3P-S), se utilizó el análisis de H Kruskal – Wallis.

Tabla 86

Prueba de Kruskal Wallis para la potencia eléctrica en circuito abierto en diferentes disposiciones en paralelo

Parámetro	gl	p-valor
Potencia eléctrica en circuito abierto	2	0.027

Nota: Datos procesados con el programa estadístico SPSS

Según la tabla anterior con un p-valor igual a 0.027, menor a 0.05 (5%), estaría demostrado que existe diferencias de potencia eléctrica a circuito abierto en las distintas disposiciones en paralelo (3P, 9P, 3P-S), por lo que se acepta la hipótesis alterna de que “existen diferencias significativas de potencia eléctrica a circuito abierto en las diferentes configuraciones en paralelo de las CCPM cultivadas con la especie *Fragaria spp*”.

Asimismo, a continuación, a través de las comparaciones múltiples (análisis POST HOC – Prueba Tukey), se determinaron en que grupos se encuentran esas diferencias.

Tabla 87

Comparaciones múltiples entre grupos (3P, 9P, 3P-S), para la potencia eléctrica a circuito abierto

Medidas	Procedencia	Diferencia de medias	Error típico	Sig. (p-valor)
3P	9P	-1.165305*	0.098	0.000
	3P-S	-.531709*	0.098	0.004
9P	3P	1.165305*	0.098	0.000
	3P-S	.633596*	0.098	0.002
3P-S	3P	.531709*	0.098	0.004
	9P	-.633596*	0.098	0.002

Nota. (*) = significa que existen diferencias entre grupos, debido a una significancia (p-valor) menos a 0.05 (5%).

En la tabla anterior se puede observar que existen diferencias de generación de potencia eléctrica en todos los grupos o disposiciones en paralelo (3P, 9P, 3P-S), pero que además el orden decreciente de generación de potencia eléctrica a circuito abierto sería el siguiente 9P>3P-S>3P.

H. Potencia eléctrica en circuito cerrado

A continuación, se presenta los resultados del análisis estadístico de la generación de potencia eléctrica a circuito cerrado en las diferentes configuraciones de celdas dispuestos en paralelo

Tabla 88

Intervalos de confianza para la media (95%) de la potencia eléctrica generada en circuito cerrado para disposiciones de celdas en paralelo

Medidas	3P	9P	3P-S
Media =	0.829	1.391	1.278
Error estándar =	0.015	0.038	0.037
IC 95% Límite inferior =	0.765	1.228	1.117
IC 95% Límite superior =	0.892	1.554	1.439

Nota: Datos procesados con el programa estadístico SPSS

Luego de descrito los estadísticos descriptivos para la potencia eléctrica a circuito cerrado según disposiciones de celdas en paralelo, se evaluó si en cada grupo o disposición de celdas en paralelo (3P, 9P, 3P-S), existían diferencias significativas en la potencia eléctrica, para ello se formula las siguientes hipótesis:

- **H_A:** Existen diferencias significativas de potencia eléctrica a circuito cerrado en las diferentes configuraciones en paralelo de las CCPM cultivadas con la especie *Fragaria spp.*
- **H_o:** No existen diferencias significativas de potencia eléctrica a circuito cerrado en las diferentes configuraciones en paralelo de las CCPM cultivadas con la especie *Fragaria spp.*

Con el fin de establecer diferencias de potencia eléctrica a circuito cerrado en los diferentes grupos de disposición de celdas en paralelo (3P, 9P, 3P-S), se utilizó el análisis paramétrico ANOVA Intersujetos.

Tabla 89

Prueba ANOVA Inter sujetos para la potencia eléctrica en circuito cerrado en diferentes disposiciones en paralelo

Parámetro	F	p-valor
Diferencia entre grupos	86.996	0.000

Nota: Datos procesados con el programa estadístico SPSS

Según la tabla anterior con un p-valor igual a 0.000, menor a 0.05 (5%), estaría demostrado que existe diferencias de potencia eléctrica a circuito cerrado en las distintas disposiciones en paralelo (3P, 9P, 3P-S), por lo que se acepta la hipótesis alterna de que “existen diferencias significativas de potencia eléctrica a circuito cerrado en las diferentes configuraciones en paralelo de las CCPM cultivadas con la especie *Fragaria spp*”.

Asimismo, a continuación, a través de las comparaciones múltiples (análisis POST HOC – Prueba Tukey), se determinaron en que grupos se encuentran esas diferencias.

Tabla 90

Comparaciones múltiples entre grupos (3P, 9P, 3P-S), para la generación de potencia eléctrica a circuito cerrado

Medidas	Procedencia	Diferencia de medias	Error típico	Sig. (p-valor)
3P	9P	-.562588*	0.0451	0.0000
	3P-S	-.449085*	0.0451	0.0001
9P	3P	.562588*	0.0451	0.0000
	3P-S	.113503	0.0451	0.1000
3P-S	3P	.449085*	0.0451	0.0001
	9P	-.113503	0.0451	0.1000

Nota. (*) = significa que existen diferencias entre grupos, debido a una significancia (p-valor) menos a 0.05 (5%).

En la tabla anterior se puede observar que existen diferencias de generación de potencia eléctrica en todos los grupos o disposiciones en paralelo (3P, 9P, 3P-S), pero que además el orden decreciente de generación de potencia eléctrica a circuito cerrado sería el siguiente 9P>3P-S>3P.

I. Densidad potencia eléctrica en circuito abierto

A continuación, se presenta los resultados del análisis estadístico de la generación de densidad de potencia eléctrica en circuito abierto en las diferentes configuraciones de celdas dispuestos en paralelos.

Tabla 91

Intervalos de confianza para la media (95%) de la densidad de potencia eléctrica generada en circuito abierto para disposiciones de celdas en paralelos

Medidas	3P	9P	3P-S
Media =	115.852	84.411	59.512
Error estándar =	3.756	3.153	3.295
IC 95% Límite inferior =	99.692	70.844	45.337
IC 95% Límite superior =	132.013	97.978	73.688

Nota: Datos procesados con el programa estadístico SPSS

Luego de descrito los estadísticos descriptivos para la densidad de potencia eléctrica generada en circuito abierto según disposiciones de celdas en paralelo, se evaluó si en cada grupo o disposición de celdas en paralelo (3P, 9P, 3PS), existían diferencias significativas de densidad de potencia eléctrica, para ello se formula las siguientes hipótesis:

- **H_A:** Existen diferencias significativas en la generación de densidad de potencia eléctrica a circuito abierto en las diferentes configuraciones en paralelo de las CCPM cultivadas con la especie *Fragaria spp.*
- **H_o:** No existen diferencias significativas en la generación de densidad de potencia eléctrica a circuito abierto en las diferentes configuraciones en paralelo de las CCPM cultivadas con la especie *Fragaria spp.*

Con el fin de establecer diferencias de densidad de potencia eléctrica a circuito abierto en los diferentes grupos de disposición de celdas en paralelo (3P, 9P, 3P-S), se utilizó el análisis de H Kruskal – Wallis.

Tabla 92

Prueba de Kruskal Wallis para la densidad de potencia eléctrica en circuito abierto en diferentes disposiciones en paralelos

Parámetro	gl	p-valor
Potencia eléctrica en circuito cerrado	2	0.027

Nota: Datos procesados con el programa estadístico SPSS

Según la tabla anterior con un p-valor igual a 0.027, menor a 0.05 (5%), estaría demostrado que existe diferencias de generación densidad de potencia eléctrica a circuito abierto en las distintas disposiciones en paralelo (3P, 9P, 3P-S), por lo que se acepta la hipótesis alterna de que “existen diferencias significativas de generación de densidad de potencia eléctrica a circuito abierto en las diferentes configuraciones en paralelo de las CCPM cultivadas con la especie *Fragaria spp*”.

Asimismo, a continuación, a través de las comparaciones múltiples (análisis POST HOC – Prueba Tukey), se determinaron en que grupos se encuentran esas diferencias.

Tabla 93

Comparaciones múltiples entre grupos (3P, 9P, 3P-S), para la generación de densidad de potencia eléctrica a circuito abierto

Medidas	Procedencia	Diferencia de medias	Error típico	Sig. (p-valor)
3P	9P	31.441267*	4.824	0.002
	3P-S	56.340006*	4.824	0.000
9P	3P	-31.441267*	4.824	0.002
	3P-S	24.898739*	4.824	0.005
3P-S	3P	-56.340006*	4.824	0.000
	9P	-24.898739*	4.824	0.005

Nota. (*) = significa que existen diferencias entre grupos, debido a una significancia (p-valor) menos a 0.05 (5%).

En la tabla anterior se puede observar que existen diferencias de generación de densidad de potencia eléctrica en todos los grupos o disposiciones en paralelo (3P, 9P, 3P-S), pero que además el orden decreciente de generación de densidad de potencia eléctrica a circuito abierto sería el siguiente 3P>9P>3P-S.

J. Densidad potencia eléctrica en circuito cerrado

A continuación, se presenta los resultados del análisis estadístico de la generación de densidad de potencia eléctrica en circuito cerrado en las diferentes configuraciones de celdas dispuestas en paralelo.

Tabla 94

Intervalos de confianza para la media (95%) de la densidad de potencia eléctrica generada en circuito cerrado para disposiciones de celdas en paralelo

Medidas	3P	9P	3P-S
Media =	143.424	101.547	80.739
Error estándar =	0.664	1.073	0.177
IC 95% Límite inferior =	140.569	96.930	79.978
IC 95% Límite superior =	146.279	106.163	81.501

Nota: Datos procesados con el programa estadístico SPSS

Luego de descrito los estadísticos descriptivos para la densidad de potencia eléctrica generada en circuito cerrado según disposiciones de celdas en paralelo, se evaluó si en cada grupo o disposición de celdas en paralelo (3P, 9P, 3P-S), existían diferencias significativas de densidad de potencia eléctrica, para ello se formula las siguientes hipótesis:

- **H_A:** Existen diferencias significativas en la generación de densidad de potencia eléctrica a circuito cerrado en las diferentes configuraciones en paralelo de las CCPM cultivadas con la especie *Fragaria spp.*
- **H₀:** No existen diferencias significativas en la generación de densidad de potencia eléctrica a circuito cerrado en las diferentes configuraciones en paralelo de las CCPM cultivadas con la especie *Fragaria spp.*

Con el fin de establecer diferencias de densidad de potencia eléctrica a circuito cerrado en los diferentes grupos de disposición de celdas en paralelo (3P, 9P, 3P-S), se utilizó el análisis paramétrico ANOVA Intersujetos.

Tabla 95

Prueba ANOVA Intersujetos para la densidad de potencia eléctrica en circuito abierto en diferentes disposiciones en paralelo

Parámetro	F	p-valor
Diferencia entre grupos	1884.225	0.0000

Nota: Datos procesados con el programa estadístico SPSS

Según la tabla anterior con un p-valor igual a 0.000, menor a 0.05 (5%), estaría demostrado que existe diferencias de densidad potencia eléctrica a circuito cerrado en las distintas disposiciones en paralelo (3P, 9P, 3P-S), por lo que se acepta la hipótesis alterna de que “existen diferencias significativas de densidad potencia eléctrica a circuito cerrado en las diferentes configuraciones en paralelo de las CCPM cultivadas con la especie *Fragaria spp*”.

Asimismo, a continuación, a través de las comparaciones múltiples (análisis POST HOC – Prueba Tukey), se determinaron en que grupos se encuentran esas diferencias.

Tabla 96

Comparaciones múltiples entre grupos (3P, 9P, 3P-S), para la generación de densidad de potencia eléctrica a circuito abierto

Medidas	Procedencia	Diferencia de medias	Error típico	Sig. (p-valor)
3P	9P	41.877498*	1.040	0.000
	3P-S	62.684913*	1.040	0.000
9P	3P	-41.877498*	1.040	0.000
	3P-S	20.807415*	1.040	0.000
3P-S	3P	-62.684913*	1.040	0.000
	9P	-20.807415*	1.040	0.000

Nota. (*) = significa que existen diferencias entre grupos, debido a una significancia (p-valor) menos a 0.05 (5%).

En la tabla anterior se puede observar que existen diferencias de generación de densidad de potencia eléctrica en todos los grupos o disposiciones en paralelo (3P, 9P, 3P-S), pero que además el orden decreciente de generación de densidad de potencia eléctrica a circuito cerrado sería el siguiente 3P>9P>3P-S.

5.2.4 Resultados del tercer objetivo específico

“**Objetivo específico 3:** Analizar las características morfológicas del cultivo *Fragaria spp.* en el apilamiento de celdas de combustible planta microbiana (CCPM) durante la generación de bioelectricidad”

Con la finalidad de encontrar si los tratamientos tienen alguna influencia en el desarrollo de las características morfológicas de la planta como, generación de tallo, hojas y estolones, se requirió la estadística inferencial en este caso de la prueba paramétrica t de student para muestras independientes o su análoga no paramétrica U Mann – Withney.

A. Análisis de tallos

Para analizar diferencia en la generación de tallos en los dos grupos (T1 y T2), se formula la siguiente hipótesis:

- **H_A:** La generación de tallos del cultivo *Fragaria spp* son diferentes según la disposición en serie o paralelo de las celdas de combustibles planta microbiana (CCPM).
- **H₀:** La generación de tallos del cultivo *Fragaria spp* no son diferentes según la disposición en serie o paralelo de las celdas de combustibles planta microbiana (CCPM).

Para encontrar estas diferencias y debido a que no se cumple con los supuestos de normalidad de los datos de generación de tallos (Ver **Anexo V**), se usó la prueba estadística U Mann – Withney.

Tabla 97

Prueba de hipótesis U Mann – Withney para la generación de tallos en diferentes grupos

Prueba	P-valor	Decisión
Prueba de la mediana para muestras independientes	0.785	Conservar la hipótesis nula

Nota: Datos procesados con el programa estadístico SPSS

Como se puede observar en la tabla anterior el p-valor = 0.785, es mayor a la significancia de 0.05 (5%), por lo que se rechaza la hipótesis alterna y se aprueba

la hipótesis nula de que “la generación de tallos del cultivo *Fragaria spp* no son diferentes según la disposición en serie o paralelo de las celdas de combustibles planta microbiana (CCPM)”.

B. Análisis de hojas

Para analizar diferencia en la generación de hojas en los dos grupos (T1 y T2), se formula la siguiente hipótesis.

- **H_A**: La generación de hojas del cultivo *Fragaria spp* son diferentes según la disposición en serie o paralelo de las celdas de combustibles planta microbiana (CCPM).
- **H₀**: La generación de hojas del cultivo *Fragaria spp* no son diferentes según la disposición en serie o paralelo de las celdas de combustibles planta microbiana (CCPM).

Para encontrar estas diferencias, y debido a que no se cumple con los supuestos de normalidad de los datos de generación de tallos (Ver **Anexo V**), se usó la prueba estadística U Mann – Withney.

Tabla 98

Prueba de hipótesis U Mann – Withney para la generación de hojas en diferentes grupos

Prueba	P-valor	Decisión
Prueba de la mediana para muestras independientes	0.785	Conservar la hipótesis nula

Nota: Datos procesados con el programa estadístico SPSS

Como se puede observar en la tabla anterior el p-valor = 0.785, es mayor a la significancia de 0.05 (5%), por lo que se rechaza la hipótesis alterna y se aprueba la hipótesis nula de que “la generación de hojas del cultivo *Fragaria spp* no son diferentes según la disposición en serie o paralelo de las celdas de combustibles planta microbiana (CCPM)”.

C. Análisis de estolones

Para analizar diferencia en la generación de estolones en los dos grupos (T1 y T2), se formula la siguiente hipótesis.

- **H_A**: La generación de estolones del cultivo *Fragaria spp* son diferentes según la disposición en serie o paralelo de las celdas de combustibles planta microbiana (CCPM).
- **H₀**: La generación de estolones del cultivo *Fragaria spp* no son diferentes según la disposición en serie o paralelo de las celdas de combustibles planta microbiana (CCPM).

Para encontrar estas diferencias, y debido a que no se cumple con los supuestos de normalidad de los datos de generación de estolones (**Ver Anexo V**), se usó la prueba estadística U Mann – Withney.

Tabla 99

Prueba de hipótesis U Mann – Withney para la generación de estolones en diferentes grupos

Prueba	P-valor	Decisión
Prueba de la mediana para muestras independientes	1.00	Conservar la hipótesis nula

Nota: Datos procesados con el programa estadístico SPSS

Como se puede observar en la tabla anterior el p-valor = 1.00, es mayor a la significancia de 0.05 (5%), por lo que se rechaza la hipótesis alterna y se aprueba la hipótesis nula de que “la generación de estolones del cultivo *Fragaria spp* no son diferentes según la disposición en serie o paralelo de las celdas de combustibles planta microbiana (CCPM)”.

VI. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

En esta sección, presentamos la discusión de los resultados obtenidos en la sección precedente.

6.1 CONTRASTACIÓN Y DEMOSTRACIÓN DE LA HIPÓTESIS CON LOS RESULTADOS

6.1.1 Hipótesis general

Para realizar el contraste de la **Hipótesis General**: “*El apilamiento de las celdas de combustible planta microbiana (CCPM) cultivadas con la especie *Fragaria spp.* incrementa la obtención de bioelectricidad*”, se utilizaron los resultados derivados del tratamiento 1 (conexiones en serie) y tratamiento 2 (conexiones en paralelo); en ese sentido se aplicó la Prueba de Hipótesis con un nivel de significancia de 5% y finalmente se realizó una comprobación a través del procedimiento de intervalos de confianza.

Es importante señalar que, los indicadores de la variable evaluativa que sirvieron de insumos en este procesamiento estadístico corresponden a la potencia eléctrica y densidad de potencia eléctrica.

A. Potencia eléctrica

Considerando el procedimiento estadístico de la prueba de hipótesis para investigar si la potencia eléctrica se incrementa durante el apilamiento de las celdas de combustible planta microbiana, se consideró como referencia una media muestral (μ) de 0.531 mW (valor máximo) que es resultado de simular la conexión en serie de 9 celdas de combustible planta microbiana utilizadas por Ramos Pérez Egaña (2019), asimismo es importante considerar que esta aproximación no considera las pérdidas de energía que se originan durante el apilamiento de las celdas de combustible.

$$H_0: \mu \leq 0.531$$

$$H_A: \mu > 0.531$$

Luego del planteamiento de las hipótesis estadísticas, en la **Tabla 100** presentamos los intervalos de confianza para la media (95%) de la potencia eléctrica generada para las configuraciones en serie y paralelo.

Tabla 100

Intervalos de confianza para la media (95%) de la potencia eléctrica generada en circuito abierto para disposiciones de celdas en serie y paralelo

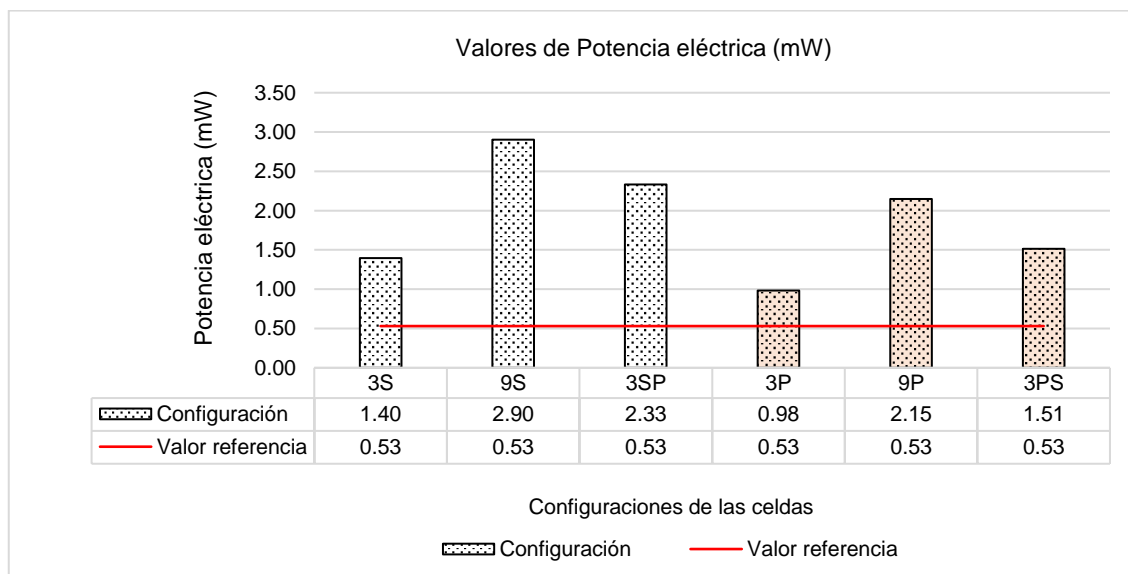
Medidas	Conexiones en serie			Conexiones en paralelo		
	3S	9S	3SP	3P	9P	3P-S
Media =	1.397	2.901	2.333	0.983	2.148	1.514
Error estándar =	0.005	0.020	0.007	0.032	0.080	0.084
IC 95% Límite inferior =	1.375	2.817	2.303	0.846	1.803	1.154
IC 95% Límite superior =	1.420	2.986	2.363	1.120	2.493	1.875

Nota: Datos procesados con el programa estadístico SPSS

A continuación, se presenta una gráfica de barras elaboradas a partir de los datos analizados en la **Tabla 100**, cabe señalar que esta tabla ha sido extraída de la sección de Resultados Inferenciales; en ese sentido, la gráfica siguiente esquematiza los valores de la media muestral por cada tratamiento.

Gráfica 22

Comparación de medias muestrales para los valores de la potencia eléctrica



Nota: Datos procesados con el programa estadístico SPSS

La **Gráfica 22** muestra que los valores de la medias muestrales se encuentran por encima del valor referencia, en ese sentido, la regla de decisión es: Rechazar la Hipótesis Nula (**H₀**) y aceptar la Hipótesis Alternativa (**H_A**), es decir, que todas las configuraciones del tratamiento 1 y tratamiento 2, lograron incrementar la cantidad potencia eléctrica.

B. Densidad de Potencia Eléctrica

Considerando el procedimiento estadístico de la prueba de hipótesis para investigar si la densidad de potencia eléctrica se incrementa durante el apilamiento de las celdas de combustible planta microbiana, se consideró como referencia una media muestral de 29.77 mW/m² valor máximo que es resultado de simular la conexión en serie de 9 celdas de combustible planta microbiana utilizadas por Ramos Pérez Egaña (2019), asimismo es importante considerar que esta aproximación no considera las pérdidas de energía que se originan durante el apilamiento de las celdas de combustible.

$$H_0: \mu \leq 29.77$$

$$H_A: \mu > 29.77$$

Luego del planteamiento de las hipótesis estadísticas, en la **Tabla 101** presentamos los intervalos de confianza para la media (95%) de la densidad de potencia eléctrica generada para las configuraciones en serie y paralelo.

Tabla 101

Intervalos de confianza para la media (95%) de la densidad de potencia eléctrica generada en circuito abierto para disposiciones de celdas en serie y paralelo

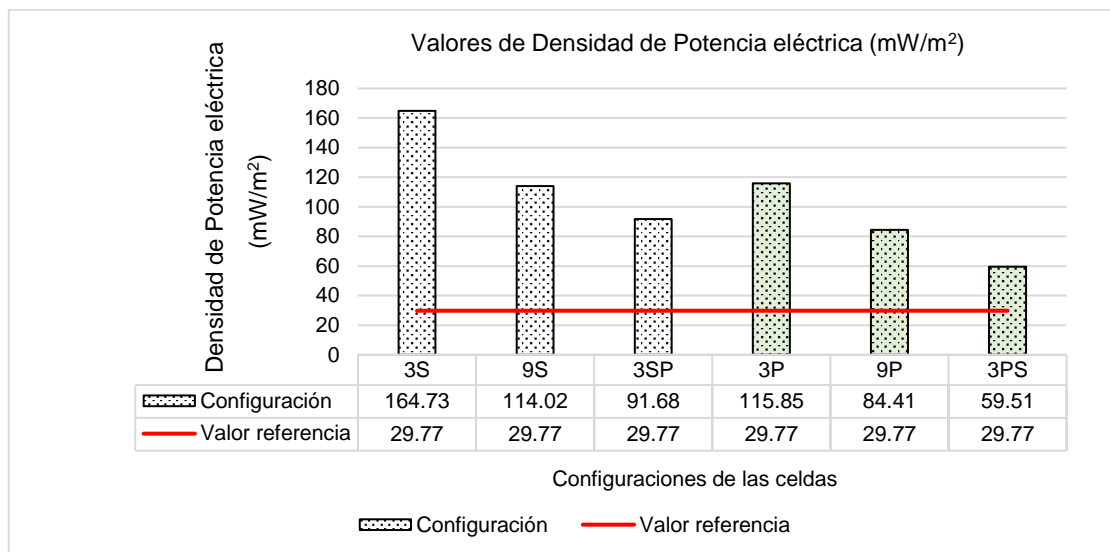
Medidas	Conexiones en serie			Conexiones en paralelo		
	3S	9S	3S-P	3P	9P	3P-S
Media =	164.730	114.018	91.679	115.852	84.411	59.512
Error estándar =	0.636	0.770	0.279	3.756	3.153	3.295
IC 95% Límite inferior =	161.994	110.704	90.478	99.692	70.844	45.337
IC 95% Límite superior =	167.466	117.333	92.880	132.013	97.978	73.688

Nota: Datos procesados con el programa estadístico SPSS

A continuación, se presenta una gráfica de barras elaboradas a partir de los datos analizados en la **Tabla 101**, cabe señalar que esta tabla ha sido extraída de la sección de Resultados Inferenciales; en ese sentido, la gráfica siguiente esquematiza los valores de la media muestral por cada tratamiento.

Gráfica 23

Comparación de medias muestrales para los valores de la densidad de potencia eléctrica



Nota: Datos procesados con el programa estadístico SPSS

La **Gráfica 23** muestra que los valores de las medias muestrales se encuentran por encima del valor de referencia; por ello, la regla de decisión es: Rechazar la Hipótesis Nula (**H₀**) y aceptar la Hipótesis Alternativa (**H_A**), es decir que todas las configuraciones del tratamiento 1 y tratamiento 2, logran incrementar el valor de densidad de potencia eléctrica en comparación con el valor de referencia.

6.1.2 Hipótesis específica 1

Para realizar el contraste de la **Hipótesis específica 1**: “Los valores de las magnitudes eléctricas varían de forma interdependiente en las conexiones en serie permitiendo aumentar la cantidad de voltaje del apilamiento de celdas de combustible (CCPM) cultivadas con la especie *Fragaria spp.* durante la generación de bioelectricidad”, se utilizaron los resultados derivados del tratamiento 1 (conexiones en serie); en ese sentido se aplicó la Prueba de

Hipótesis con un nivel de significancia de 5% y finalmente se realizó una comprobación a través del procedimiento de intervalos de confianza.

Es importante señalar que, los indicadores de la variable evaluativa que sirvieron de insumos en este procesamiento estadístico corresponden al voltaje:

A. Voltaje

Considerando el procedimiento estadístico de la prueba de hipótesis para determinar si el voltaje se incrementa durante el apilamiento de las celdas de combustible planta microbiana en el tratamiento 1 (conexiones en serie), se consideró como referencia una media muestral de 4.14 V y 1.38 V, valores máximos que son el resultado de simular la conexión en serie de 9 celdas y 3 celdas, respectivamente; cabe señalar que para realizar el cálculo referencial se consideró el valor de voltaje (0.66 V) de una celda individual registrada por Llana Aparicio (2020); asimismo, es importante considerar que en esta aproximación se consideraron las pérdidas de energía de aproximadamente 0.2 V por celda conectada adicionalmente.

Antes del planteamiento de las hipótesis estadísticas, en la **Tabla 102** presentamos los intervalos de confianza para la media (95%) del voltaje para las configuraciones en serie; asimismo, se separa el tratamiento de acuerdo a la cantidad de celdas de combustible conectadas.

Tabla 102

Intervalos de confianza para la media (95%) del voltaje generado en circuito abierto para disposiciones de celdas en serie

Medidas	3S	9S	3S-P
Media =	2.449	4.879	2.382
Error estándar =	0.003	0.023	0.003
IC 95% Límite inferior =	2.436	4.781	2.367
IC 95% Límite superior =	2.463	4.977	2.396

Nota: Datos procesados con el programa estadístico SPSS

Para 3 celdas conectadas (3S)

Para 9 celdas conectadas (9S – 3SP)

$$H_0: \mu \leq 1.38$$

$$H_A: \mu > 1.38$$

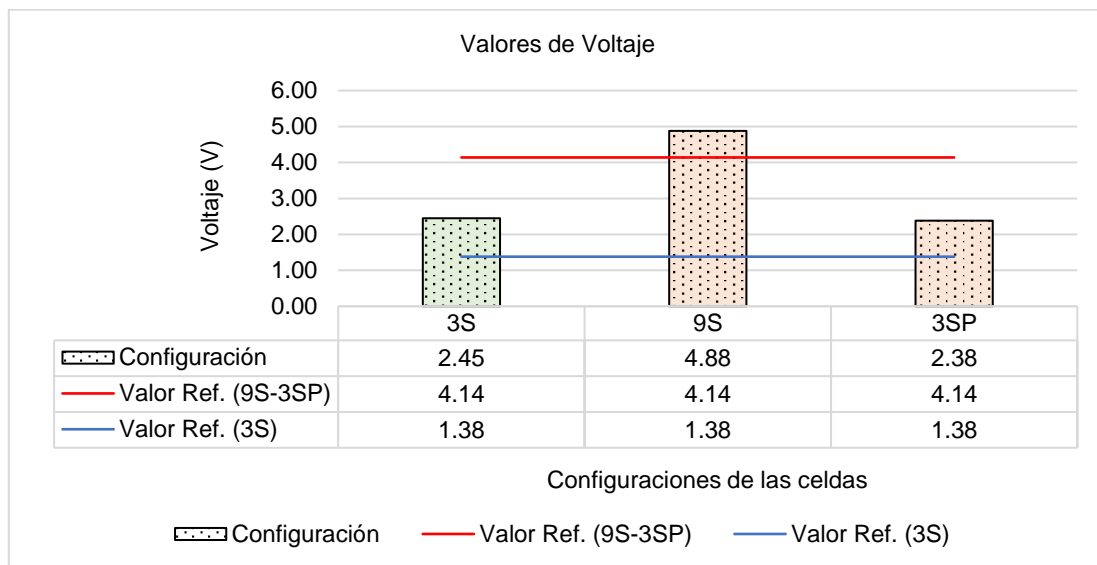
$$H_{01}: \mu \leq 4.14$$

$$H_{A1}: \mu > 4.14$$

A continuación, se presenta una gráfica de barras elaboradas a partir de los datos analizados en la **Tabla 102**, en ese sentido la tabla esquematiza los valores de la media muestral por cada tratamiento.

Gráfica 24

Comparación de medias muestrales para los valores de voltaje



Nota: Datos procesados con el programa estadístico SPSS

La **Gráfica 24** muestra que los valores de las medias muestrales se encuentran por encima del valor de referencia, en ese sentido, la regla de decisión es: Rechazar la Hipótesis Nula (H_0 y H_{01}) y aceptar la Hipótesis Alternativa (H_A y H_{A1}), con excepción del tratamiento 3-SP pues no lo logró sobrepasar el valor de referencia, es decir que solo este tipo de configuración finalmente no logra incrementar el valor del voltaje.

6.1.3 Hipótesis específica 2

Para realizar el contraste de la **Hipótesis específica 2**: “Los valores de las magnitudes eléctricas varían de forma interdependiente en las conexiones en paralelo permitiendo aumentar la cantidad de intensidad de corriente del apilamiento de celdas de combustible (CCPM) cultivadas con la especie *Fragaria*”

spp. durante la generación de bioelectricidad” se utilizaron los resultados derivados del tratamiento 2 (conexiones en paralelo); en ese sentido se aplicó la Prueba de Hipótesis con un nivel de significancia de 5% y finalmente se realizó una comprobación a través del procedimiento de intervalos de confianza.

Es importante señalar que, los indicadores de la variable evaluativa que sirvieron de insumos en este procesamiento estadístico corresponden a la intensidad de corriente eléctrica.

A. Intensidad de corriente eléctrica

Considerando el procedimiento estadístico de la prueba de hipótesis para determinar si la intensidad de corriente se incrementa durante el apilamiento de las celdas de combustible planta microbiana en el tratamiento 2 (conexiones en paralelo), se consideró como referencia una media muestral de 2.16 mA y 0.72 mA valores máximos que son el resultado de simular la conexión en paralelo de 9 celdas y 3 celdas, respectivamente; cabe señalar que para realizar el cálculo referencial se consideró el valor (0.24 mA) de una celda individual estable registrada por Ramos Pérez Egaña (2019); asimismo, es importante considerar que en esta aproximación no se consideró las pérdidas de energía de causadas por el apilamiento.

Antes del planteamiento de las hipótesis estadísticas, en la **Tabla 103** presentamos los intervalos de confianza para la media (95%) de la intensidad de corriente eléctrica para las configuraciones en paralelo, asimismo, se separó el tratamiento de acuerdo a la cantidad de celdas de combustible conectadas.

Tabla 103

Intervalos de confianza para la media (95%) de la intensidad de corriente eléctrica en circuito abierto para disposiciones de celdas en paralelo

Medidas	3P	9P	3P-S
Media =	1.354	3.486	1.244
Error estándar =	0.004	0.012	0.004
IC 95% Límite inferior =	1.336	3.436	1.225
IC 95% Límite superior =	1.373	3.536	1.263

Nota: Datos procesados con el programa estadístico SPSS

Para 3 celdas conectadas (3P)

$$H_0: \mu \leq 0.72$$

$$H_A: \mu > 0.72$$

Para 9 celdas conectadas (9P – 3PS)

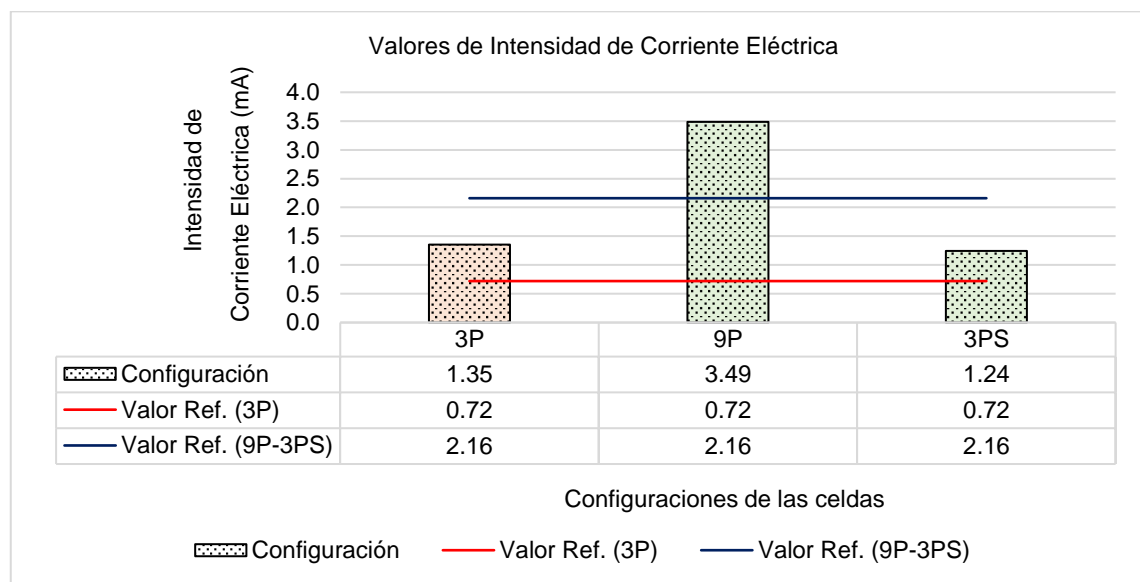
$$H_{01}: \mu \leq 2.16$$

$$H_{A1}: \mu > 2.16$$

A continuación, se presenta una gráfica de barras elaboradas a partir de los datos analizados en la **Tabla 103**, en ese sentido la tabla esquematiza los valores de la media muestral por cada tratamiento.

Gráfica 25

Comparación de medias muestrales para los valores de intensidad de corriente eléctrica



Nota: Datos procesados con el programa estadístico SPSS

La **Gráfica 25** muestra que los valores de la medias muestrales se encuentran por encima del valor referencia, en ese sentido, la regla de decisión es: Rechazar la Hipótesis Nula (H_0 y H_{01}) y aceptar la Hipótesis Alternativa (H_A y H_{A1}), con excepción del tratamiento 3P-S; es decir que la única configuración que no logró incrementar su cantidad de intensidad de corriente eléctrica en relación al valor de referencia fue la configuración 3P-S.

6.1.4 Hipótesis específica 3

Para realizar el contraste de la **Hipótesis específica 3**: “El desarrollo del cultivo *Fragaria spp.* es diferente en cada apilamiento de las celdas de combustible

planta microbiana durante la generación de bioelectricidad” se utilizaron los resultados derivados del tratamiento 1 (T1) y tratamiento 2 (T2); en ese sentido se aplicó la Prueba de Hipótesis con un nivel de significancia de 5% y finalmente se realizó una comprobación a través del procedimiento de intervalos de confianza.

Es importante señalar que, los indicadores de la variable evaluativa que sirvieron de insumos en este procesamiento estadístico corresponden a la cantidad de tallos, cantidad de hojas y cantidad de estolones.

A. Análisis de tallos

Para analizar diferencia de producción de tallos en los dos grupos (T1 y T2), se formularon la siguiente hipótesis.

H₀: La generación de tallos del cultivo *Fragaria spp.* no son diferentes según la disposición en serie o paralelo de las celdas de combustibles planta microbiana (CCPM).

H_A: La generación de tallos del cultivo *Fragaria spp.* son diferentes según la disposición en serie o paralelo de las celdas de combustibles planta microbiana (CCPM).

Para encontrar estas diferencias y debido a que no se cumple con los supuestos de normalidad de los datos de generación de hojas (**Ver Anexo V**), se usó la prueba estadística U Mann – Withney.

Tabla 104

Prueba de hipótesis U Mann – Withney para la generación de tallos en diferentes grupos

Prueba	P- valor	Decisión
Prueba de la mediana para muestras independientes	0.785	Conservar la hipótesis nula

Nota: Datos procesados con el programa estadístico SPSS

Como se puede observar en la tabla anterior el p-valor = 0.785, es mayor a la significancia de 0.05 (5%), por lo que se rechaza la hipótesis alterna y se aprueba la hipótesis nula.

B. Análisis de hojas

Para analizar diferencia de producción de hojas en los dos grupos (T1 y T2), se formularon la siguiente hipótesis.

H₀: La generación de hojas del cultivo *Fragaria spp* no son diferentes según la disposición en serie o paralelo de las celdas de combustibles planta microbiana (CCPM).

H_A: La generación de hojas del cultivo *Fragaria spp* son diferentes según la disposición en serie o paralelo de las celdas de combustibles planta microbiana (CCPM).

Para encontrar estas diferencias y debido a que no se cumple con los supuestos de normalidad de los datos de generación de hojas (Ver **Anexo V**), se usó la prueba estadística U Mann – Withney.

Tabla 105

Prueba de hipótesis U Mann – Withney para la generación de hojas en diferentes grupos

Prueba	P- valor	Decisión
Prueba de la mediana para muestras independientes	0.785	Conservar la hipótesis nula

Nota: Datos procesados con el programa estadístico SPSS

Como se puede observar en la tabla anterior el p-valor = 0.785, es mayor a la significancia de 0.05 (5%), por lo que se rechaza la hipótesis alterna y se aprueba la hipótesis nula.

C. Análisis de estolones

Para analizar diferencia de producción de estolones en los dos grupos (T1 Y T2), se formula la siguiente hipótesis.

H₀: La generación de estolones cultivo *Fragaria spp* no son diferentes según la disposición en serie o paralelo de las celdas de combustibles planta microbiana (CCPM).

H_A: La generación de estolones del cultivo *Fragaria spp.* son diferentes según la disposición en serie o paralelo de las celdas de combustibles planta microbiana (CCPM).

Para encontrar estas diferencias y debido a que no se cumple con los supuestos de normalidad de los datos de generación de estolones (Ver **Anexo V**), se usó la prueba estadística U Mann – Withney.

Tabla 106

Prueba de hipótesis U Mann – Withney para la generación de estolones en diferentes grupos

Prueba	P- valor	Decisión
Prueba de la mediana para muestras independientes	1.00	Conservar la hipótesis nula

Nota: Fuente: Datos procesados con el programa estadístico SPSS

Como se puede observar en la tabla anterior el p-valor = 1.00, es mayor a la significancia de 0.05 (5%), por lo que se rechaza la hipótesis alterna y se aprueba la hipótesis nula.

6.2 CONTRASTACIÓN DE LOS RESULTADOS CON OTROS ESTUDIOS SIMILARES

Para realizar el contraste de los resultados obtenidos con otros estudios similares se ha dividido esta sección considerando los objetivos específicos y el objetivo general finalmente:

A. Objetivo específico 1:

“Determinar la variación en los valores de las magnitudes eléctricas del apilamiento de las celdas de combustible planta microbiana (CCPM) cultivadas con la especie *Fragaria spp.* conectadas en serie durante la generación de bioelectricidad”

Los resultados manifiestan que el apilamiento de las celdas de combustible planta microbiana conectadas en serie aumenta significativamente la cantidad de voltaje, alcanzando valores promedios máximos de 6.20 V con nueve (09) celdas conectadas serie (9S), esto concuerda con lo identificado por Bataillou et

al., (2022) pues encontró que el apilamiento en serie de celdas cultivadas con la especie *Lobelia Queen Cardinalis* presentó mayores valores de voltaje en comparación con una celda individual compartida. Por otro lado, según lo identificado por Pamintuan, Ancheta, et al. (2020) al aumentar la cantidad de celdas conectadas en serie se inducen a pérdidas de voltaje, esto guarda relación con los resultados de esta investigación debido a que el valor promedio máximo de voltaje obtenido con una celda individual fue de 1.07 V; sin embargo, al apilar tres (03) celdas en serie el voltaje promedio máximo aumentó a 2.93 V y al apilar nueve (09) celdas en serie se obtuvo 6.20 V.

Por lo tanto, el apilamiento de las celdas conectadas en serie genera un aumento significativo en el valor del voltaje a diferencia de otro tipo de conexión. Asimismo, resulta importante considerar que a medida que se aumentan más celdas en el sistema provocamos involuntariamente pérdidas de voltaje, pues al tratarse sistemas biológicos estas celdas tienen un comportamiento distinto a las celdas o pilas convencionales.

B. Objetivo específico 2:

“Determinar la variación en los valores de las magnitudes eléctricas del apilamiento de las celdas de combustible planta microbiana (CCPM) cultivadas con la especie *Fragaria spp* conectadas en paralelo durante la generación de bioelectricidad”

En relación a los resultados del apilamiento de las celdas de combustible planta microbiana conectadas en paralelo, se observó que este tipo de conexión aumentó significativamente la cantidad de intensidad de corriente eléctrica, alcanzando valores promedio máximos de 4.27 mA con nueve (09) celdas conectadas en paralelo (9P) en horas de la noche, este resultado se encuentra muy por encima de lo registrado por Bataillou et al., (2022) durante apilamiento de tres celdas de combustible planta microbiana conectadas en paralelo pues registró un valor máximo de 0.92 mA, la explicación puede estar relacionada con el tipo de especie vegetal utilizada, material de los electrodos utilizado, etc. en ambas investigaciones. Por otro lado, este resultado guarda relación con lo identificado por Pamintuan et al., (2018) pues al apilar nueve (09) celdas de

combustible cultivadas con las especies *Ipomoea aquatica* y *Pistia stratiotes* en paralelo obtuvo una intensidad de corriente aditiva; en ese sentido, en esta investigación se obtuvo como resultado un valor promedio máximo de 0.64 mA en intensidad de corriente eléctrica para una celda de combustible planta microbiana individual, resultado que sirve para aproximar teóricamente el valor de la intensidad de corriente eléctrica al apilar nueve celdas en paralelo, de modo que se debería obtener un voltaje promedio máximo 5.76 mA; sin embargo se obtuvo un valor de 4.27 mA evidenciándose que existen pérdidas de corriente eléctrica conforme se van apilando más celdas al sistema.

Por lo tanto, el apilamiento de las celdas conectadas paralelo genera un aumento significativo en el valor de la intensidad de corriente eléctrica a diferencia de otro tipo de conexión.

C. Objetivo específico 3:

“Analizar las características morfológicas del cultivo *Fragaria spp.* en el apilamiento de celdas de combustible planta microbiana (CCPM) durante la generación de bioelectricidad”

Los resultados de esta investigación indican que la planta fresa se desarrolló de manera favorable en los diferentes tipos de apilamiento de celdas de combustible planta microbiana, pues se evidenció un aumento en la cantidad de estolones y por tanto en biomasa, asimismo, en contraste con lo registrado por Llana Aparicio (2020) quien empleó también fresas sembradas en diferentes tipos de sustratos estas se desarrollaron sin presentar afectaciones por parte del sistema celda de combustible microbiana; asimismo según los resultados del voltaje se evidenció que los mayores valores de esta magnitud se obtuvieron conforme avanzaban los días, es decir, cuando la planta se encuentra en un estado de madurez más avanzando, lo cual guarda relación con lo indicado por Pamintuan, Ancheta, et al. (2020), este autor utilizó dos especies vegetales (*Ocimum basilicum* y *Origanum vulgare*) las cuales se encontraban en diferentes estados de desarrollo obteniendo mayores valores de energía con la especie *Origanum vulgare* pues se encontraba relativamente en su estado de madurez a diferencia de la especie *Ocimum basilicum*.

D. Objetivo general

“Evaluar el rendimiento del apilamiento de celdas de combustible planta microbiana (CCPM) cultivadas con la especie *Fragaria spp* para la generación de bioelectricidad.”

Los resultados indican que en ambos tratamientos el apilamiento de las celdas de combustible planta microbiana incrementa la cantidad de bioelectricidad obtenida, cabe señalar que esta evaluación se realizó a partir de los valores de potencia eléctrica y la densidad de potencia eléctrica. En ese sentido, en relación a la potencia eléctrica se obtuvieron valores promedio máximos de 4.16 mW y 3.54 mW en las conexiones de tipo 9S y 9P respectivamente, y valores promedio mínimos de 0.72 mW y 0.32 mW en las conexiones de tipo 3S y 3PS respectivamente; estos resultados se encuentran superando los valores registrados por Pamintuan, Katipunan, et al. (2020) al apilar celdas cultivadas con la especie *Vigna unguiculata ssp. sesquipedalis* (judía verde) de 1 a 3 a 9 en serie los cuales fueron: 0.39 μ W, 1.00 μ W, y 1.37 μ W respectivamente. Asimismo, es importante mencionar que la cantidad máxima promedio de potencia eléctrica obtenida en una celda de combustible planta microbiana fue de 0.37 mW, valor que supera lo identificado por (Ramos Pérez Egaña, 2019) con el cultivo de *Zea mays L.* (maíz) el cual fue de 0.059 mW.

Por otro lado, en relación a la densidad de potencia eléctrica se realiza el contraste con lo observado por Pamintuan, Ancheta, et al. (2020), el cual registró valores de 0.132 mW/m² en una celda individual y 1.57 mW/m² en tres celdas conectadas en serie con cultivos de *Ocimum basilicum* (albahaca) y *Origanum vulgare* (orégano), valores que se encuentran muy por debajo a lo observado en este estudio pues para una celda individual se registró un valor máximo de 79.41 mW/m² y en tres (03) celdas conectadas en paralelo se obtuvo 223.05 mW/m². Asimismo, Pamintuan et al. (2018) obtuvo valores de 6,35 mW/m² y 3,54 mW/m² al apilar nueve (09) celdas cultivadas con las especies *Ipomoea aquatica* y *Pistia stratiotes* respectivamente, niveles de potencia eléctrica menores en comparación con los valores promedio de 156.30 mW/m² (9S) y 139.03 mW/m² (9P) registrados en estudio.

6.3 RESPONSABILIDAD ÉTICA DE ACUERDO A LOS REGLAMENTOS VIGENTES

Esta investigación se realizó respetando el código de ética de la Universidad Nacional del Callao y la Directiva No. 013-2018-R “Protocolos de proyecto e Informe Final de Investigación de Pregrado, Posgrado, Docentes, Equipos, Centros e Institutos de Investigación” aprobada mediante Resolución No. 499-2018-R con fecha 29 de mayo de 2018; con la finalidad de elaborar una investigación que aporte conocimientos a la comunidad científica y sociedad. En ese sentido, esta investigación proporciona resultados reales en torno al tema de investigación; asimismo estará al servicio y disposición del público en el Repositorio de la Universidad Nacional del Callao.

CONCLUSIONES

- El rendimiento del apilamiento de las celdas de combustible planta microbiana conectadas en serie, paralelo y sus combinaciones da como resultado un aumento en el valor de la potencia eléctrica y densidad de potencia eléctrica, es decir que los apilamientos incrementaron significativamente las cantidades de bioelectricidad. Al respecto, se evidenció que los apilamientos (9S y 3S) arrojaron los valores máximos de potencia y densidad de potencia. Además, los diferentes tipos apilamiento y conexiones en las celdas de combustible planta microbiana tienen el mismo efecto sobre el desarrollo de la especie *Fragaria spp.* pues el análisis estadístico no arrojó diferencias significativas entre ambos tratamientos.
- El apilamiento de las celdas de combustible planta microbiana conectadas en serie provoca el aumento de la cantidad de voltaje, pues se observó un comportamiento aditivo con bajas pérdidas de voltaje; por otro lado, la intensidad de corriente eléctrica se mantuvo dentro del valor promedio de una celda individual. Asimismo, los valores de la resistencia se redujeron lo que permitió obtener una cantidad mayor de densidad de potencia eléctrica a comparación de los apilamientos conectados en paralelo y combinados.
- El apilamiento de las celdas de combustible planta microbiana conectadas en paralelo provoca el aumento en la cantidad de intensidad de corriente eléctrica pero un nivel de voltaje constante, además se observó que los mayores rendimientos en generación de bioelectricidad correspondieron a la configuración de 9P.
- El crecimiento y desarrollo de la especie *Fragaria spp.* dentro del sistema de apilamiento de celdas de combustible planta microbiana, no evidenció diferencias significativas por el tipo de conexiones (serie, paralelo y combinación), es decir que las configuraciones no tuvieron influencia sobre la planta.
- Finalmente, tras el análisis de la generación de bioelectricidad del sistema de apilamiento durante el transcurso del día y en un periodo prolongado

de días, se identificó que los valores de las magnitudes eléctricas tienden a alcanzar sus mayores valores en las noches, demostrando que los valores de voltaje alcanzan un máximo de 6.20V en las noches para las conexiones en serie.

RECOMENDACIONES

- En el desarrollo de esta investigación se emplearon plántones de Fresa (*Fragaria spp*) de 20 días de vida; sin embargo, se recomienda realizar la evaluación del rendimiento en la generación de bioelectricidad del sistema de apilamiento, desde la etapa de germinación de las semillas hasta el desarrollo total de la planta, pues esta evaluación ayudaría a determinar las fluctuaciones máximas y mínimas del voltaje e intensidad de corriente eléctrica con la finalidad de determinar en qué periodo se podría recolectar una cantidad mayor de bioelectricidad para aplicaciones de mayor escala.
- Realizar la evaluación de los factores ambientales sobre la generación de bioelectricidad en el sistema de apilamiento; pues se evidenció que los mayores valores de densidad de potencia eléctrica se obtuvieron durante la noche y en horas de la mañana, demostrando preliminarmente que la intensidad de luz, temperatura y la humedad influyen en el comportamiento de las magnitudes eléctricas.
- Se recomienda realizar la identificación de la comunidad bacteriana presente en la interfaz del suelo, raíz y biochar, con la finalidad de distinguir qué tipo de bacteria electrogénica es responsable de generar la corriente eléctrica; asimismo, esta identificación ayudaría a realizar de manera directa inóculos sobre el material anódico antes de su acoplamiento a la celda de combustible planta microbiana.
- Emplear otros tipos de biochar como material anódico generados a partir de restos orgánicos, de manera que nos permitan evaluar y comparar la cantidad de energía obtenida de diferentes materiales.
- Realizar la evaluación de los comportamientos de los valores de cada magnitud eléctrica en el sistema de apilamiento de manera acumulativa hasta alcanzar un máximo de 9 celdas conectadas en serie, paralelo y sus combinaciones, con la finalidad de cuantificar las pérdidas de energía debido al aumento escalonado de las celdas combustible planta microbiana.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- A. Carmalin, S., & S., S. (2017). Green energy generation from plant microbial fuel cells (PMFC) using compost and a novel clay separator. *Sustainable Energy Technologies and Assessments*, 21, 59–66. <https://doi.org/10.1016/j.seta.2017.05.001>
- Abbas, S. Z., Rafatullah, M., Ismail, N., & Syakir, M. I. (2017). A review on sediment microbial fuel cells as a new source of sustainable energy and heavy metal remediation: mechanisms and future prospective. *International Journal of Energy Research*, 23. <https://doi.org/10.1002/er>
- Acosta-Coll, M., Ospino-Castro, A., Carbonell-Navarro, S., Escobar-Duque, J., & Peña-Gallardo, R. (2019). *Improvements in Electric Power Potential Generation from Plants Microbial Fuel Cells*. September. <https://doi.org/10.20944/preprints201909.0202.v1>
- Aelterman, P., Rabaey, K., Boon, N., & Verstraete, W. (2006). Continuous Electricity Generation at High Voltages and Currents Using Stacked Microbial Fuel Cells. *Environ. Sci. Technol.*, 40(10), 3388–3394. <https://doi.org/https://doi.org/10.1021/es0525511>
- Alinti*. (n.d.). Actualidad RT. Retrieved March 17, 2022, from <https://actualidad.rt.com/actualidad/344417-joven-peruano-inventa-maceta-planta-electricidad-alinti>
- Apollon, W., Luna-Maldonado, A. I., Kamaraj, S. K., Vidales-Contreras, J. A., Rodríguez-Fuentes, H., Gómez-Leyva, J. F., & Aranda-Ruiz, J. (2021). Progress and recent trends in photosynthetic assisted microbial fuel cells: A review. *Biomass and Bioenergy*, 148(February). <https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2021.106028>
- Argelys, K. D. (2012). Mejora genética de la fresa (*Fragaria ananassa* Duch.), a través de métodos biotecnológicos. *Cultivos Tropicales*, 33(3), 34–41. <http://scielo.sld.cu/pdf/ctr/v33n3/ctr05312.pdf>
- Ash, T., Doyle, E., Ssenyonga, G., Kraham, C., & Scott, S. (2018). Lightning in a

- Bottle: Harnessing Bioelectrogenesis in Microbial Fuel Cells for Electrical Generation. *Journal of Medical - Clinical Research & Reviews*, 2(3), 1–3. <https://doi.org/10.33425/2639-944x.1049>
- Azri, Y. M., Tou, I., Sadi, M., & Benhabyles, L. (2018). Bioelectricity generation from three ornamental plants: *Chlorophytum comosum*, *Chasmanthe floribunda* and *Papyrus diffusus*. *International Journal of Green Energy*, 00(00), 1–10. <https://doi.org/10.1080/15435075.2018.1432487>
- Bagchi, S., & Behera, M. (2019). Microbial Fuel Cells: A Sustainable Technology for Pollutant Removal and Power Generation. In *Bioelectrochemical Interface Engineering* (pp. 91–116). <https://doi.org/10.1002/9781119611103.ch6>
- Barreto-Villanueva, A. (2012). The progress of statistics and its usefulness in development assessment. *Papeles de Población*, 18(73), 241–271. <http://www.scielo.org.mx/pdf/pp/v18n73/v18n73a10.pdf>
- Bataillou, G., Haddour, N., & Vollaie, C. (2022). Bioelectricity production of PMFC using *Lobelia Queen Cardinalis* in individual and shared soil configurations. *E3S Web of Conferences*, 334, 08001. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202233408001>
- Behar Rivero, D. S. (2008). Introducción a la Metodología de la Investigación. In *Shalom* (Vol. 1, Issues 978-959-212-783–7). <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- Biswas, A., Melmaiee, K., Elavarthi, S., Jones, J., & Reddy, U. (2019). Characterization of strawberry (*Fragaria* spp.) accessions by genotyping with SSR markers and phenotyping by leaf antioxidant and trichome analysis. *Scientia Horticulturae*, 256(November 2018), 108561. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2019.108561>
- Bolda, M., K. Dara, S., Fallon, J., Sánchez, M., & Peterson, K. (2015). Manual de Producción de Fresa Para los Agricultores de la Costa Central. *Resource*, 1, 4–80. <https://cesantabarbara.ucanr.edu/files/228580.pdf>

- Bonechi, C., Consumi, M., Donati, A., Leone, G., Magnani, A., Tamasi, G., & Rossi, C. (2017). Biomass: An overview. In *Bioenergy Systems for the Future: Prospects for Biofuels and Biohydrogen*. Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-101031-0.00001-6>
- Borker, M., Suchithra, T. V, Srinivas, M., & Jayaraj, S. (2017). *Sustainable Bioelectricity Generation from Living Plants* (pp. 399–412). https://doi.org/10.1007/978-981-10-6847-8_17
- Bustos Alvarez, L. A. (2019). *Produccion de bioelectricidad por medio de una celda de combustible microbiana fotosintetica(PMFC)* [Universidad El Bosque]. <http://hdl.handle.net/20.500.12495/2568>
- Calvo Vélez, P., Reymundo Meneses, L., & Zúñiga Dávila, D. (2008). ESTUDIO DE LAS POBLACIONES MICROBIANAS DE LA RIZÓSFERA DEL CULTIVO DE PAPA (*Solanum tuberosum*) EN ZONAS ALTOANDINAS. *Ecología Aplicada*, 7(1–2), 141. <https://doi.org/10.21704/rea.v7i1-2.369>
- Cantoni Rabolini, N. M. (2009). Técnicas de muestreo y determinación del tamaño de la muestra en investigación cuantitativa. *Revista Argentina de Humanidades y Ciencias Sociales*, 7. https://www.sai.com.ar/metodologia/rahycs/rahycs_v7_n2_06.htm
- Carrette, L., Friedrich, K. A., & Stimming, U. (2001). *Fuel Cells - Fundamentals and Applications*. 1, 5–39. [https://doi.org/10.1002/1615-6854\(200105\)1:1<AID-FUCE5>3.0.CO;2-G](https://doi.org/10.1002/1615-6854(200105)1:1<AID-FUCE5>3.0.CO;2-G)
- Chaudhuri, S. K., & Lovley, D. R. (2003). Electricity generation by direct oxidation of glucose in mediatorless microbial fuel cells. *Nature Biotechnology*, 21(10), 1229–1232. <https://doi.org/10.1038/nbt867>
- Chiqui Chiqui, F. A., & Lema Cumbe, M. L. (2010). Evaluación del rendimiento en el cultivo de fresa (*Fragaria sp*) variedad oso grande, bajo invernadero mediante dos tipos de fertilización (orgánica y química) en la parroquia Octavio Cordero Palacio, Cantón Cuenca (Tesis de Pregrado). In *Universidad Politécnica Salesiana Sede Cuenca Facultad*. <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/4745>

- Chiranjeevi, P., Yeruva, D. K., Kumar, A. K., Mohan, S. V., & Varjani, S. (2019). Plant-microbial fuel cell technology. In *Biomass, Biofuels, Biochemicals: Microbial Electrochemical Technology: Sustainable Platform for Fuels, Chemicals and Remediation*. Elsevier B.V. <https://doi.org/10.1016/B978-0-444-64052-9.00022-4>
- Choi, J., & Liu, Y. (2014). Power generation and oil sands process-affected water treatment in microbial fuel cells. *Bioresource Technology*, 169, 581–587. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2014.07.029>
- Chuncho, G., Chuncho, C., & Aguirre, Z. (2019). Anatomía y morfología vegetal. In *Universidad Nacional de Loja* (Vol. 1). [https://unl.edu.ec/sites/default/files/archivo/2019-12/ANATOMÍA Y MORFOLOGÍA VEGETAL.pdf](https://unl.edu.ec/sites/default/files/archivo/2019-12/ANATOMÍA_Y_MORFOLOGÍA_VEGETAL.pdf)
- Cinjordiz, C. (2022). *Que es un circuito eléctrico*. INFOOTEC.NET. <https://www.infootec.net/que-es-un-circuito-electrico/>
- Clark, D., P., & Pazdernik. (2016). Environmental Biotechnology. In *Biotechnology* (Vol. 39, Issue 9, pp. 393–418). <https://doi.org/10.1002/ceat.201690051>
- Constitución Política del Perú de 1993, 1 El Peruano: Editora Peru 32 (1993). https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/198518/Constitucion_Politica_del_Peru_1993.pdf
- Das, D. (2018). *Microbial fuel cell A Bioelectrochemical System that Converts Waste to Watts*. <https://link.springer.com/book/10.1007/978-3-319-66793-5>
- De Corato, U. (2020). Disease-suppressive compost enhances natural soil suppressiveness against soil-borne plant pathogens: A critical review. *Rhizosphere*, 13(November 2019), 100192. <https://doi.org/10.1016/j.rhisph.2020.100192>
- Eguchi, K. (2010). Clean Energy Systems and Experiences. In *Clean Energy Systems and Experiences*. <https://doi.org/10.5772/246>
- Electricidad Teórico - Práctica Tomo II*. (1968). AFHA. <https://cloudflare->

ipfs.com/ipfs/bafykbzacecrrcpqxs4m4n4kuusbwqm6lckktwanzx5mqsdoq2c
wdwkg3vzzha?filename= - Electricidad Teórico-Practica. Tomo III_
Corriente alterna. Principios de máquinas de CC y CA. Instalaciones
industriales-AFHA %281970%29.pdf

Elhag, M., Bahrawi, J., Aljahdali, M. H., Eleftheriou, G., Labban, A. H., &
Alqarawy, A. (2022). Vertical displacement assessment in temporal analysis
of the transboundary islands of Tiran and Sanafir, Egypt-Saudi Arabia.
Arabian Journal of Geosciences, 15(12), 1–13.

Energía y Sociedad. (2022). 1.1. Aspectos básicos de la electricidad - Energía y
Sociedad. [https://www.energiaysociedad.es/manual-de-la-energia/1-1-
aspectos-basicos-de-la-electricidad/](https://www.energiaysociedad.es/manual-de-la-energia/1-1-aspectos-basicos-de-la-electricidad/)

Esteban Nieto, N. (2018). Tipos de Investigación. *Acceso Libre a Información
Científica Para Innovación [ALICIA]*.
<http://repositorio.usdg.edu.pe/handle/USDG/34>

Flores-ruiz, E., Miranda-noales, M. G., & Villasís-keever, M. Á. (2017). El
protocolo de investigación VI: cómo elegir la prueba estadística adecuada.
Estadística inferencial. *Revista Alergia México*, 64(3), 364–370.
<http://www.scielo.org.mx/pdf/ram/v64n3/2448-9190-ram-64-03-0364.pdf>

Fow, A. J. (2021). Evaluación de la capacidad fitorremediadora de tres especies
vegetales altoandinas asistidas con Biochar en suelos contaminados por
drenaje ácido de roca en la microcuenca Quillcayhuanca, Ancash. In
Univerdidad Nacional del Callao.
<http://repositorio.unac.edu.pe/handle/20.500.12952/5812>

Gates, J., Trauger, D., & Czech, B. (2014). *Envisioning an Alternative Future* (pp.
317–339). https://doi.org/10.1007/978-1-4939-1954-3_15

Gent, S., Twedt, M., Gerometta, C., & Almberg, E. (2017). Introduction to
Feedstocks. In *Theoretical and Applied Aspects of Biomass Torrefaction* (pp.
17–39). <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-809483-9.00002-6>

Gilani, S. R., Yaseen, A., Zaidi, S. R. A., Zahra, M., & Mahmood, Z. (2016).

Photocurrent generation through plant microbial fuel cell by varying electrode materials. *Journal of the Chemical Society of Pakistan*, 38(1), 17–27. <https://jcsp.org.pk/PublishedVersion/6e9d5141-7227-41d9-8f66-b8b786e2d805> Manuscript no 3, Final Gally proof of 10580 (Syeda Rubina Gilani).pdf

Gómora Hernández, J. C., Serment Guerrero, J. H., Carreño de León, M. C., & Flores Alamo, N. (2020). *Voltage production in a Plant-Microbial Fuel Cell using Agapanthus africanus*. 8(3). <http://rmiq.org/ojs311/index.php/rmiq/article/view/542/211>

Greenman, J., Gajda, I., & Ieropoulos, I. (2019). Microbial fuel cells (MFC) and microalgae; Photo microbial fuel cell (PMFC) as complete recycling machines. *Sustainable Energy and Fuels*, 3(10), 2546–2560. <https://doi.org/10.1039/c9se00354a>

Guang, L., Koomson, D. A., Jingyu, H., Ewusi-Mensah, D., & Miwornunyuie, N. (2020). Performance of exoelectrogenic bacteria used in microbial desalination cell technology. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 17(3), 10–12. <https://doi.org/10.3390/ijerph17031121>

Gugliuzza, A., Basile, A., & Capriccioli, A. (2013). Membrane technologies for the storage as methane of energy generated by wind power and other renewable sources. In *Membranes for Clean and Renewable Power Applications*. Woodhead Publishing Limited. <https://doi.org/10.1533/9780857098658.5.365>

Hayat, S., Faraz, A., & Faizan, M. (2017). Root Exudates : Composition and Impact on Plant – Microbe Interaction Chemical Composition of Root Exudates and Their Significance Root Exudates in Mediating Plant – Microbe Interaction in Rhizosphere (Negative and Positive Interactions). *Biofilms in Plant and Soil Health, C*, 179–193.

Helder, M. (2012). *Design criteria for the Plant-Microbial Fuel Cell Electricity generation with living plants – from lab to application*.

- Hernández Gómez, G. A., & Sánchez Olvera, M. A. (2017). La plurifuncionalidad de las bacterias electrogenicas. *Universitarios Potosinos*, 14(211), 4–10. <http://www.uaslp.mx/Comunicacion-Social/Documents/Divulgacion/Revista/Catorce/211/01.pdf>
- Higgins, K. L. (2015). The Secret's in the Overlap: Sustainability as an Integrated System. In *Economic Growth and Sustainability*. Elsevier Inc. <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-802204-7.00001-3>
- Hopkins, W. G. (2006). *Photosynthesis and Respiration*. [https://cloudflare-ipfs.com/ipfs/bafykbzacebu6qrdtnynzw5zfrv3majzfyppnqdrnbqu7er2is32owsbjlfqii?filename=%28The green world%29 William G. Hopkins - Photosynthesis and respiration-Chelsea House %282006%29.pdf](https://cloudflare-ipfs.com/ipfs/bafykbzacebu6qrdtnynzw5zfrv3majzfyppnqdrnbqu7er2is32owsbjlfqii?filename=%28The%20green%20world%29%20William%20G.%20Hopkins%20-%20Photosynthesis%20and%20respiration-Chelsea%20House%202006%29.pdf)
- Huamán Mogollón, L. del C. (2020). *Variaciones en los factores fotosintéticos de Nephrolepis exaltata Bostoniensis para la generación de bioelectricidad en una celda de combustible planta* [Unversidad César Vallejo]. https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/57140/Huaman_MLDC-SD.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Huang, L., Regan, J. M., & Quan, X. (2011). Electron transfer mechanisms, new applications, and performance of biocathode microbial fuel cells. *Bioresource Technology*, 102(1), 316–323. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2010.06.096>
- Huggins, T., Wang, H., Kearns, J., Jenkins, P., & Ren, Z. J. (2014). Biochar as a sustainable electrode material for electricity production in microbial fuel cells. *Bioresource Technology*, 157, 114–119. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2014.01.058>
- Ibarrola, R., Evar, B., & Reay, D. (2013). *Comercialización de biocarbón (biochar) en México. Definición del contexto para un programa de investigación multidisciplinario* (p. 28). Consultado ellbarrola, R., Evar, B., & Reay, D. (2013). Comercialización de biocarbón (biochar) en México. Definición del contexto para un programa de investigación multidisciplinario. Consultado el. <http://rembio.org.mx/wp->

content/uploads/2014/10/Comercializacion_de_Biochar_en_Mexico.pdf

- ITSC. (2018). Manual de producción de fresa en Coalcomán Michoacán. *Tecnologico Nacional de Mexico*, 1–53. [https://www.itscoalcoman.edu.mx/content/descargas/vinculacion/MANUAL PARA CULTIVO DE FRESA EN COALCOMAN.pdf](https://www.itscoalcoman.edu.mx/content/descargas/vinculacion/MANUAL_PARA_CULTIVO_DE_FRESA_EN_COALCOMAN.pdf)
- Izadian, A. (2019). *Fundamentals of Modern Electric Circuit Analysis and Filter Synthesis*. <https://doi.org/10.1007/978-3-030-02484-0>
- Jacobson, H. K. (2001). Climate Policy: International. *International Encyclopedia of the Social & Behavioral Sciences, February 1979*, 2011–2016. <https://doi.org/10.1016/b0-08-043076-7/04487-9>
- Jiménez Díaz, A. (2011). Microbiología del Suelo. *Slideshare, July*, 96. <http://es.slideshare.net/Altajimenez/microbiologia-del-suelo-para-estudiantes-de-microbiologia-ambiental>
- Kabutey, F. T., Zhao, Q., Wei, L., Ding, J., Antwi, P., Quashie, F. K., & Wang, W. (2019). An overview of plant microbial fuel cells (PMFCs): Configurations and applications. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 110(May), 402–414. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2019.05.016>
- Khudzari, J. M., Gariépy, Y., Kurian, J., Tartakovsky, B., & Raghavan, G. S. V. (2019). Effects of biochar anodes in rice plant microbial fuel cells on the production of bioelectricity, biomass, and methane. *Biochemical Engineering Journal*, 141, 190–199. <https://doi.org/10.1016/j.bej.2018.10.012>
- Kumar, S., Saeed, G., Zhu, L., Nam, K., Hoon, N., & Hee, J. (2021). 0D to 3D carbon-based networks combined with pseudocapacitive electrode material for high energy density supercapacitor: A review. *Chemical Engineering Journal*, 403(May 2020), 126352. <https://doi.org/10.1016/j.cej.2020.126352>
- Kumar, V., Ranjan, D., & Verma, K. (2021). Global climate change: the loop between cause and impact. *Global Climate Change*, 187–211. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-822928-6.00002-2>
- Lehmann, J., & Joseph, S. (2015). *Biochar for Environmental Management:*

Science, Technology and Implementation.

<https://books.google.com.pe/books?hl=es&lr=&id=gWDABgAAQBAJ&oi=fnd&pg=PP1&dq=Lehmann+y+Joseph,+2015,+biochar&ots=tZXnASKUiV&sig=lpAjwL29LB5cWZVI0dzxPsY9e00#v=onepage&q=Lehmann+Joseph%2C+2015%2C+biochar&f=false>

- Lin, K., Huang, Z., & Xu, Y. (2018). Influence of light quality and intensity on biomass and biochemical contents of hydroponically grown lettuce. *HortScience*, 53(8), 1157–1163. <https://doi.org/10.21273/HORTSCI12796-17>
- Ling, N., Raza, W., Ma, J., Huang, Q., & Shen, Q. (2011). Identification and role of organic acids in watermelon root exudates for recruiting *Paenibacillus polymyxa* SQR-21 in the rhizosphere. *European Journal of Soil Biology*, 47(6), 374–379.
- Liu, S., Song, H., Li, X., & Yang, F. (2013). Power generation enhancement by utilizing plant photosynthate in microbial fuel cell coupled constructed wetland system. *International Journal of Photoenergy*, 2013. <https://doi.org/10.1155/2013/172010>
- Llana Aparicio, M. F. T. (2020). *Evaluación de la celdas de combustible planta-microbiana en la generación de energía eléctrica para iluminar una habitación de una vivienda rural* [Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo]. <http://repositorio.unasam.edu.pe/handle/UNASAM/4333>
- Logan, B. E. (2008a). Power Generation. In *Microbial Fuel Cells* (pp. 1–17). <https://doi.org/10.1520/MNL10373M>
- Logan, B. E. (2008b). Voltage Generation. In *Microbial Fuel Cells* (pp. 29–43). <https://doi.org/10.1002/9780470258590.ch3>
- Logan, B. E., Hamelers, B., Rozendal, R., Schröder, U., Keller, J., Freguia, S., Aelterman, P., Verstraete, W., & Rabaey, K. (2006). Microbial fuel cells: Methodology and technology. *Environmental Science and Technology*, 40(17), 5181–5192. <https://doi.org/10.1021/es0605016>

- López Aranda, J. M. (2008). *El cultivo de la fresa*. La Fresa de Huelva. https://www.infoagro.com/documentos/el_cultivo_fresa.asp
- Lu, Y., Watanabe, A., & Kimura, M. (2003). Carbon dynamics of rhizodeposits, root- and shoot-residues in a rice soil. *Soil Biology and Biochemistry*, 35(9), 1223–1230. [https://doi.org/10.1016/S0038-0717\(03\)00184-6](https://doi.org/10.1016/S0038-0717(03)00184-6)
- Lynch, J. M., & Whipps, J. M. (1990). *Substrate Flow in the Rhizosphere*, 129.
- Maddalwar, S., Kumar Nayak, K., Kumar, M., & Singh, L. (2021). Plant microbial fuel cell: Opportunities , challenges , and prospects. *Bioresource Technology*, 341(July), 125772. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2021.125772>
- Martínez, N. (2018). *Bioo: la startup que genera electricidad a través de las plantas*. Hablemos de Empresas. <https://hablemosdeempresas.com/pymes/bioo-electricidad-plantas/>
- Mendoza Vines, A. O., & Ramírez Franco, J. M. (2020). Aprendiendo metodología de la investigación. In *Editorial Grupo Compás*. <http://142.93.18.15:8080/jspui/handle/123456789/523>
- Ley No. 28749 Ley General de Electrificación Rural, 12 (2006). https://www.osinergmin.gob.pe/seccion/centro_documental/PlantillaMarcoLegalBusqueda/Ley-28749.pdf
- Decreto Supremo No. 064-2010-EM Aprueban la Política Energética del Perú 2010-2040, 6 (2010). <http://www2.osinerg.gob.pe/MarcoLegal/docrev/DS-064-2010-EM-CONCORDADO.pdf>
- Plan Energético Nacional 2014-2025, MINEM 140 (2015). <http://www.minem.gob.pe/minem/archivos/file/institucional/publicaciones/InformePlanEnergía2025-281114.pdf>
- Decreto Supremo No. 012-2009 Política Nacional del Ambiente, Diario Oficial El Peruano 1 (2009). http://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2013/09/ds_012-2009-minam.pdf

- Decreto Supremo No. 023-2021-MINAM que aprueba la Política Nacional del Ambiente al 2030., Diario Oficial El Peruano 43 (2021). [https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/2037168/D.S. 023-2021-MINAM.pdf.pdf](https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/2037168/D.S._023-2021-MINAM.pdf.pdf)
- Política Nacional del Ambiente al 2030, MINAM 600 (2021). <https://www.gob.pe/institucion/minam/normas-legales/2036880-023-2021-minam>
- Mishra, A., Kumar, M., Medhi, K., & Thakur, I. S. (2020). Biomass energy with carbon capture and storage (BECCS). In *Current Developments in Biotechnology and Bioengineering*. Elsevier B.V. <https://doi.org/10.1016/b978-0-444-64309-4.00017-9>
- Mora, J. F. (2012). *Circuitos Electricos*. Pearson. [https://cloudflare-ipfs.com/ipfs/bafykbzacebbo6vcvro3tvf3hydfryx42vougsxasngvlfjjmxm1wn3bm6asm?filename=Circuitos Eléctricos - Circuitos Eléctricos-Pearson %282012%29.pdf](https://cloudflare-ipfs.com/ipfs/bafykbzacebbo6vcvro3tvf3hydfryx42vougsxasngvlfjjmxm1wn3bm6asm?filename=Circuitos%20El%C3%A9ctricos%20-%20Circuitos%20El%C3%A9ctricos-Pearson%282012%29.pdf)
- Muralikrishna, I. V., & Manickam, V. (2017). Industrial Wastewater Treatment Technologies, Recycling, and Reuse. In *Environmental Management* (pp. 295–336). <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-811989-1.00013-0>
- Muthu, S. S. (2020). Textile processing and greenhouse gas emissions. *Assessing the Environmental Impact of Textiles and the Clothing Supply Chain*, 57–75. <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-819783-7.00003-x>
- Naciones Unidas. (2015). *Objetivos de Desarrollo Sostenible*. Página de Las Naciones Unidas. <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/objetivos-de-desarrollo-sostenible/>
- Ñaupas Paitán, H., Valvidia Dueñas, M., Palacios Vilela, J. J., & Romero Delgado, H. E. (2018). Metodología de la investigación cuantitativa-cualitativa y redacción de la tesis. In *Journal of Chemical Information and Modeling* (Vol. 53, Issue 9). <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>

- Naureen, Z., Ali, Z., Al, R., Nasser, M., Jabri, A., Khalfan, S., Housni, A., Gilani, S. A., Mabood, F., Farooq, S., Hussain, J., & Harrasi, A. Al. (2016). Generation of Electricity by Electrogenic Bacteria in a Microbial Fuel Cell Powered by Waste Water. *Advances in Bioscience and Biotechnology*, July, 329–335. <https://doi.org/10.4236/abb.2016.77031>
- Nava-Diguero, P., & Castillo-Juárez, M. (2018). Celdas de combustible microbianas como alternativa para atender los retos de la sostenibilidad : Agua , energía y contaminación. *Revista de Ingeniería Innovativa*, 2(5), 18–34. https://www.ecorfan.org/republicofperu/research_journals/Revista_de_Ingenieria_Innovativa/vol2num5/Revista_de_Ingenieria_Innovativa_V2_N5_3.pdf
- Nguyen, V., & Nitorisavut, R. (2019). Bioelectricity Generation in Plant Microbial Fuel Cell Using Forage Grass under Variations of Circadian Rhythm , Ambient Temperature , and Soil Water Contents. *2019 IEEE Asia Power and Energy Engineering Conference (APEC)*, 240–244. <https://doi.org/10.1109/APEC.2019.8720344>
- Nitorisavut, R., & Regmi, R. (2017). Plant microbial fuel cells : A promising biosystems engineering. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 76(September 2016), 81–89. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2017.03.064>
- Olivera Soto, J. (2003). *El cultivo de la fresa en el Perú*. <http://repositorio.inia.gob.pe/handle/20.500.12955/897>
- Oliveros-Bastidas, A. D. J., Macías, F. A., Fernández, C. C., Marín, D., & Molinillo, J. M. G. (2009). Root exudates and their relevance to the allelopathic interactions. *Química Nova*, 32(1), 198–213. <https://doi.org/10.1590/S0100-40422009000100035>
- Osorio de la Rosa, E., Vázquez Castillo, J., Carmona Campos, M., Barbosa Pool, G. R., Becerra Nuñez, G., Castillo Atoche, A., & Ortegín Aguilar, J. (2019). *Plant Microbial Fuel Cells-Based Energy Harvester System for Self-powered IoT Applications* (p. 16). chrome-extension://dagcmkpagjlhakfdhnbomgmjdpkdklff/enhanced-

reader.html?pdf=https%3A%2F%2Fbrxt.mendeley.com%2Fdocument%2Fcontent%2Fda514ea5-ebc7-3971-9a12-1aaf7a9c644b

- Pamintuan, K. R.S., Clomera, J. A. A., Garcia, K. V., Ravara, G. R., & Salamat, E. J. G. (2018). Stacking of aquatic plant-microbial fuel cells growing water spinach (*Ipomoea aquatica*) and water lettuce (*Pistia stratiotes*). *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 191(1). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/191/1/012054>
- Pamintuan, Kristopher Ray S., Ancheta, A. J. G., & Robles, S. M. T. (2020). Stacking efficiency of terrestrial Plant-Microbial Fuel Cells growing *Ocimum basilicum* and *Origanum vulgare*. *E3S Web of Conferences*, 181, 1–5. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202018101004>
- Pamintuan, Kristopher Ray S., Katipunan, A. M. C., Palaganas, P. A. O., & Caparanga, A. R. (2020). An analysis of the stacking potential and efficiency of plant-microbial fuel cells growing green beans (*Vigna unguiculata* ssp. *sesquipedalis*). *International Journal of Renewable Energy Development*, 9(3), 439–447. <https://doi.org/10.14710/ijred.2020.29898>
- Pandey, D., Agrawal, M., & Pandey, J. S. (2011). Carbon footprint: Current methods of estimation. *Environmental Monitoring and Assessment*, 178(1–4), 135–160. <https://doi.org/10.1007/s10661-010-1678-y>
- Pang, S. (2016). Fuel flexible gas production: Biomass, coal and bio-solid wastes. In *Fuel Flexible Energy Generation: Solid, Liquid and Gaseous Fuels* (pp. 241–269). Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/B978-1-78242-378-2.00009-2>
- Pap, S., Gaffney, P. P. J., Zhao, Q., Klein, D., Li, Y., Kirk, C., & Taggart, M. A. (2022). Optimising production of a biochar made from conifer brash and investigation of its potential for phosphate and ammonia removal. *Industrial Crops and Products*, 185, 115165. <https://doi.org/10.1016/J.INDCROP.2022.115165>
- Patiño Sierra, D. I., García Valencia, E. L., Barrera Abello, E., Quejada Rovira, O., Rodríguez Mariaza, H. D., & Arroyante Tobón, I. C. (2014). *Manual*

Técnico del Cultivo de Fresa Bajo Buenas Prácticas Agrícolas.
https://issuu.com/linaknup/docs/manual_fresa-_final___caratula_baja

- Patwardhan, S. B., Pandit, S., Gupta, P. K., Jha, N. K., Rawat, J., Joshi, H. C., Priya, K., Gupta, M., Lahiri, D., Nag, M., Kumar Thakur, V., & Kesari, K. (2022). *Recent advances in the application of biochar in microbial electrochemical cells.* <https://doi.org/10.1016/j.fuel.2021.122501>
- Pérez-Cabrera, C. A., Juárez-López, P., Anzaldo-Hernández, J., Alía-Tejacal, I., Salcedo-Pérez, E., Guillén-Sánchez, D., Balois-Morales, R., López-Martínez, V., & Castro-Brindis, R. (2021). Caracterización química de biocarbón de ápices de caña de azúcar elaborado mediante carbonización hidrotérmica y adición de catalizadores orgánicos. *Revista Terra Latinoamericana*, 39, 713–725. <https://doi.org/10.28940/terra.v39i0.936>
- Decreto Legislativo No. 1002, 6 (2008).
<https://www.gob.pe/institucion/osinergmin/normas-legales/733891-1002>
- Pineda, A. del pilar, & Rosas, M. (2016). Estado Del Arte En Celdas De Combustible Microbianas (CCM) Para Producción De Bioenergía Ana. *Journal of Chemical Information and Modeling*, 53(9), 1689–1699. <https://repository.udistrital.edu.co/bitstream/handle/11349/3837/PinedaMar%EDnAnadelPilarRosasTafurMarthaLizeth2016.pdf;jsessionid=74676FBB6DDFB0DA8344430B279F88CE?sequence=2>
- Plant-e. (2020). *Prices and nominations - Plant-e.com.* Plant-e Spark of Nature. <https://www.plant-e.com/en/prijzen-en-nominaties/>
- Potter, M. C., & B, P. R. S. L. (1911). Electrical effects accompanying the decomposition of organic compounds. *Proceedings of the Royal Society of London. Series B, Containing Papers of a Biological Character*, 84(571), 260–276. <https://doi.org/10.1098/rspb.1911.0073>
- Raghavendra, A. S. (2003). PHOTOSYNTHESIS AND PARTITIONING. *Encyclopedia of Applied Plant Sciences*, 2(1), 673–680. <https://doi.org/10.1016/b0-12-227050-9/00094-6>

- Rahimnejad, M., Ghoreyshi, A. A., Najafpour, G. D., Younesi, H., & Shakeri, M. (2012). A novel microbial fuel cell stack for continuous production of clean energy. *International Journal of Hydrogen Energy*, 37(7), 5992–6000. <https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2011.12.154>
- Ramos Pérez Egaña, A. (2019). *Evaluación de la celda de combustible planta microbiana (PMFC) y las condiciones de su entorno en la generación de energía eléctrica* [Universidad Nacional Agraria La Molina]. <https://hdl.handle.net/20.500.12996/4228>
- Redondo Quintela, F., & Redondo Melchor, R. C. (2019). *Electrostática y corriente eléctrica para ingenieros*. 232. https://books.google.com/books/about/Electrostática_y_Corriente_El%C3%A9trica_p.html?hl=es&id=k2yTDwAAQBAJ
- Regmi, R., Nitisoravut, R., & Ketchaimongkol, J. (2018). *A decade of plant-assisted microbial fuel cells: looking back and moving forward*. 7269. <https://doi.org/10.1080/17597269.2018.1432272>
- Revelo, D. M., Hurtado, N. H., & Ruiz, J. O. (2013). Celdas de combustible microbianas (CCMs): Un reto para la remoción de materia orgánica y la generación de energía eléctrica. *Información Tecnológica*, 24(6), 17–28. <https://doi.org/10.4067/S0718-07642013000600004>
- Rincón Castrillo, E. D., García Pabón, J. J., & Bermúdez Santaella, J. R. (2018). Estado del arte de las celdas de combustible. *Revista Colombiana*, 1, 14. https://revistas.unipamplona.edu.co/ojs_viceinves/index.php/RCTA/article/view/3320/1823
- Rödl, A., Wulf, C., & Kaltschmitt, M. (2018). Assessment of selected hydrogen supply chains-factors determining the overall GHG emissions. *Hydrogen Supply Chain: Design, Deployment and Operation*, 81–109. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-811197-0.00003-8>
- Ruscalleda Beylier, M., Balaguer, M. D., Colprim, J., Pellicer-Nàcher, C., Ni, B. J., Smets, B. F., Sun, S. P., & Wang, R. C. (2019). Biological nitrogen removal from domestic wastewater. *Comprehensive Biotechnology*, 6, 285–

296. <https://doi.org/10.1016/B978-0-444-64046-8.00360-8>

Sami G.A., F., Taeyoung, K., Iqbal M.I., I., & Sang-Eun, O. (2018). *Overview of Microbial Fuel Cell (MFC) Recet Advacement from Fundamentals of Application: MFC Designs, Major Elements, and Scalabilty*. November. <https://doi.org/10.20944/preprints201810.0763.v1>

Sánchez Flores, F. A. (2019). Fundamentos Epistémicos de la Investigación Cualitativa y Cuantitativa: Consensos y Disensos. *Revista Digital de Investigación En Docencia Universitaria*, 13, 101–122. <https://doi.org/10.19083/ridu.2019.644>

Sarma, P. J., & Mohanty, K. (2019). An insight into plant microbial fuel cells. *Bioelectrochemical Interface Engineering*, 137–148. <https://doi.org/10.1002/9781119611103.ch8>

Sayara, T., Basheer-Salimia, R., Hawamde, F., & Sánchez, A. (2020). Recycling of organic wastes through composting: Process performance and compost application in agriculture. *Agronomy*, 10(11). <https://doi.org/10.3390/agronomy10111838>

Shaikh, R., Rizvi, A., Quraishi, M., Pandit, S., Mathuriya, A. S., Gupta, P. K., Singh, J., & Prasad, R. (2021). Bioelectricity production using plant-microbial fuel cell: Present state of art. *South African Journal of Botany*, 140, 393–408. <https://doi.org/10.1016/j.sajb.2020.09.025>

Sharaf, S. M. (2020). Smart conductive textile. In *Advances in Functional and Protective Textiles* (pp. 141–167). LTD. <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-820257-9.00007-2>

Stewart, P. J., & Folta, K. M. (2010). *A Review of Photoperiodic Flowering Research in Strawberry (Fragaria spp .)*. November 2012, 37–41. <https://doi.org/10.1080/07352680903436259>

Strik, D. P. B. T. B., Hamelers, H. V. M., Snel, J. F. H., & Buisman, C. J. N. (2008). Green electricity production with living plants and bacteria in a fuel cell. *International Journal of Green Energy*, 7. <https://doi.org/10.1002/er>

- Sudirjo, E. (2020). *Plant Microbial Fuel Cell in Paddy Field a power source for rural area*. <https://edepot.wur.nl/505263>
- Supo, J. (2012). Seminarios de Investigación Científica. *Seminarios de Investigación Científica*, 34. <http://red.unal.edu.co/cursos/ciencias/1000012/un3/pdf/seminv-sinopsis.pdf>
- Thran, D. (2015). Smart Bioenergy. In *Smart Bioenergy*. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-16193-8>
- Timmers, R. A. (2012). Electricity generation by living plants in a plant microbial fuel cell. In *Environmental Technology: Vol. PhD*. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2710.2008.00883.x>
- Timmers, R. A., & Rothballer, M. (2012). *Microbial community structure elucidates performance of Glyceria maxima plant microbial fuel cell*. 537–548. <https://doi.org/10.1007/s00253-012-3894-6>
- Timmers, R. A., Strik, D. P. B. T. B., Arampatzoglou, C., Buisman, C. J. N., & Hamelers, H. V. M. (2012). Rhizosphere anode model explains high oxygen levels during operation of a *Glyceria maxima* PMFC. *Bioresource Technology*, 108, 60–67. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2011.10.088>
- Tortora, G. J., Funke, B. R., & Case, C. L. (2007). *Introducción a la microbiología*. Ed. Médica Panamericana. https://books.google.com/books/about/Introducción_a_la_microbiología.html?hl=es&id=Nxb3iETuwpIC
- Ueoka, N., Sese, N., Sue, M., Kouzuma, A., & Watanabe, K. (2016). Sizes of Anode and Cathode Affect Electricity Generation in Rice Paddy-Field Microbial Fuel Cells. *Journal of Sustainable Bioenergy Systems*, 06(01), 10–15. <https://doi.org/10.4236/jsbs.2016.61002>
- Universidad de Ingeniería y Tecnología (UTEC). (2015). *“Plantalámparas” Plantas que dan luz*. Perú. <https://www.utec.edu.pe/plantalamparas-plantas-que-dan-luz>
- Universidad Veracruzana. (2004). *Metodología de diseño estadístico*.

<https://www.uv.mx/personal/mojeda/files/2012/04/Metodologia.pdf>

- Valdez, A. D., & Del Valle, E. E. (n.d.). *Consideraciones sobre mediciones de densidad de potencia total en proximidades de antenas para telefonía celular*. 3400, 4.
<http://www.entrierios.gov.ar/ambiente/userfiles/files/archivos/Normativas/Nacionales/T-046.pdf>
- Vega Malagón, G., Ávila Morales, J., Vega Malagón, A. J., Camacho Calderón, N., Becerril Santos, A., & Amador, G. E. L. (2014). Paradigmas En La Investigación. Enfoque Cuantitativo Y Cualitativo. *European Scientific Journal*, 10(15), 523–528. <https://core.ac.uk/reader/236413540>
- Venturi, V., & Keel, C. (2016). Signaling in the Rhizosphere. *Trends in Plant Science*, 21(3), 187–198. <https://doi.org/10.1016/j.tplants.2016.01.005>
- Violante, A., Cozzolino, V., Perelomov, L., Caporale, A. G., & Pigna, M. (2010). Mobility and bioavailability of heavy metals and metalloids in soil environments. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*, 10(3), 268–292. <https://doi.org/10.4067/S0718-95162010000100005>
- Wang, C., Guo, L., Li, Y., & Wang, Z. (2012). Systematic Comparison of C3 and C4 Plants Based on Metabolic Network Analysis. *BMC Systems Biology*, 6(SUPPL.2). <https://doi.org/10.1186/1752-0509-6-S2-S9>
- Xiao, L., & He, Z. (2014). Applications and perspectives of phototrophic microorganisms for electricity generation from organic compounds in microbial fuel cells. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 37, 550–559. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2014.05.066>
- Yadav, S., & Mishra, A. (2020). Ectopic expression of C4 photosynthetic pathway genes improves carbon assimilation and alleviate stress tolerance for future climate change. *Physiology and Molecular Biology of Plants*, 26(2), 195–209. <https://doi.org/10.1007/s12298-019-00751-8>
- Yaqoob, A. A., Ibrahim, M. N. M., & Guerrero-Barajas, C. (2021). Modern trend of anodes in microbial fuel cells (MFCs): An overview. *Environmental*

Technology and Innovation, 23, 101579.
<https://doi.org/10.1016/j.eti.2021.101579>

Yoro, K. O., & Daramola, M. O. (2020). CO₂ emission sources, greenhouse gases, and the global warming effect. In *Advances in Carbon Capture* (pp. 3–28). Elsevier Inc. <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-819657-1.00001-3>

Zhang, Y. C., Jiang, Z. H., & Liu, Y. (2015). Application of electrochemically active bacteria as anodic biocatalyst in microbial fuel cells. *Chinese Journal of Analytical Chemistry*, 43(1), 155–163. [https://doi.org/10.1016/S1872-2040\(15\)60800-3](https://doi.org/10.1016/S1872-2040(15)60800-3)

ANEXOS

ANEXO I. MATRIZ DE CONSISTENCIA

APILAMIENTO DE CELDAS DE COMBUSTIBLE PLANTA MICROBIANA (CCPM) CULTIVADAS CON LA ESPECIE FRAGARIA SPP. PARA LA GENERACIÓN DE BIOELECTRICIDAD, LIMA, 2022							
PROBLEMAS	OBJETIVOS	HIPÓTESIS DE INVESTIGACION	OPERACIONALIZACIÓN DE LAS VARIABLES				TÉCNICA/ INSTRUMENTO
			VARIABLE	DIMENSIONES	INDICADOR	UNIDAD	
General:	General:	General:	Variable independiente (X)				
¿El apilamiento de celdas de combustible planta microbiana (CCPM) cultivadas con la especie <i>Fragaria spp.</i> permite el incremento en la generación de bioelectricidad?	Evaluar el rendimiento del apilamiento de celdas de combustible planta microbiana (CCPM) cultivadas con la especie <i>Fragaria spp.</i> para la generación de bioelectricidad.	El apilamiento de las celdas de combustible planta microbiana (CCPM) cultivadas con la especie <i>Fragaria spp.</i> incrementa la obtención de bioelectricidad.	Apilamiento de celdas de combustible planta microbiana (CCPM) cultivadas con la especie <i>Fragaria spp.</i>	Conexiones en serie	Nivel de Voltaje o tensión	Voltio	Experimental/Multímetro
					Intensidad de Corriente Eléctrica	Amperio	Experimental/Multímetro
					Resistencia interna	Ohmio (Ω)	Experimental/Multímetro
				Conexiones en paralelo	Nivel de Voltaje o tensión	Voltio	Experimental/Multímetro
					Intensidad de Corriente Eléctrica	Amperio	Experimental/Multímetro
					Resistencia interna	Ohmio (Ω)	Experimental/Multímetro
				Morfología externa de la planta	Cantidad de tallos	Unidades (und)	Observación experimental/ Ficha de registro

APILAMIENTO DE CELDAS DE COMBUSTIBLE PLANTA MICROBIANA (CCPM) CULTIVADAS CON LA ESPECIE FRAGARIA SPP. PARA LA GENERACIÓN DE BIOELECTRICIDAD, LIMA, 2022							
PROBLEMAS	OBJETIVOS	HIPÓTESIS DE INVESTIGACION	OPERACIONALIZACIÓN DE LAS VARIABLES				TÉCNICA/ INSTRUMENTO
			VARIABLE	DIMENSIONES	INDICADOR	UNIDAD	
					Cantidad de estolones	Unidades (und)	
		Cantidad de hojas	Unidades (und)	Observación experimental/ Ficha de registro			
Específicos:	Específicos:	Específicas:	Variable dependiente (Y)				
¿De qué manera varían los valores de las magnitudes eléctricas del apilamiento de las celdas de combustible planta microbiana (CCPM) cultivadas con la especie <i>Fragaria spp.</i> conectadas en serie durante la generación de bioelectricidad?	Determinar la variación en los valores de las magnitudes eléctricas del apilamiento de las celdas de combustible planta microbiana (CCPM) cultivadas con la especie <i>Fragaria spp.</i> conectadas en serie durante la generación de bioelectricidad.	Los valores de las magnitudes eléctricas varían de forma interdependiente en las conexiones en serie permitiendo aumentar la cantidad de voltaje en el apilamiento de celdas de combustible (CCPM) cultivadas con la especie <i>Fragaria spp.</i> durante la generación de bioelectricidad.	Generación de bioelectricidad	Corriente eléctrica	Potencia eléctrica	Watt	Experimental/Multímetro

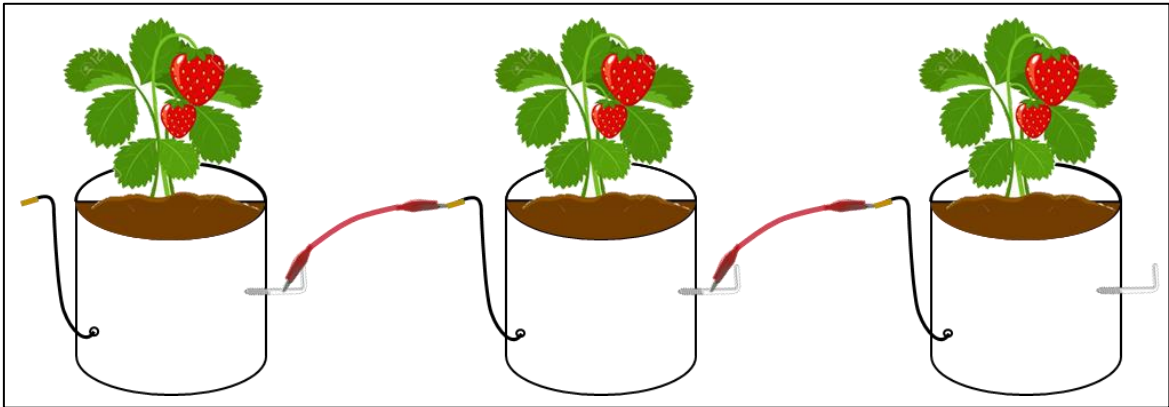
APILAMIENTO DE CELDAS DE COMBUSTIBLE PLANTA MICROBIANA (CCPM) CULTIVADAS CON LA ESPECIE FRAGARIA SPP. PARA LA GENERACIÓN DE BIOELECTRICIDAD, LIMA, 2022							
PROBLEMAS	OBJETIVOS	HIPÓTESIS DE INVESTIGACION	OPERACIONALIZACIÓN DE LAS VARIABLES				TÉCNICA/ INSTRUMENTO
			VARIABLE	DIMENSIONES	INDICADOR	UNIDAD	
¿De qué manera varían los valores de las magnitudes eléctricas del apilamiento de las celdas de combustible planta microbiana (CCPM) cultivadas con la especie <i>Fragaria spp.</i> conectadas en paralelo durante la generación de bioelectricidad?	Determinar la variación en los valores de las magnitudes eléctricas del apilamiento de las celdas de combustible planta microbiana (CCPM) cultivadas con la especie <i>Fragaria spp.</i> conectadas en paralelo durante la generación de bioelectricidad.	Los valores de las magnitudes eléctricas varían de forma interdependiente en las conexiones en paralelo permitiendo aumentar la cantidad de intensidad de corriente del apilamiento de celdas de combustible (CCPM) cultivadas con la especie <i>Fragaria spp.</i> durante la generación de bioelectricidad.			Densidad de potencia eléctrica	Watt/m ²	Experimental/Multímetro
¿El desarrollo del cultivo <i>Fragaria spp.</i> se ve influenciado por el apilamiento de celdas de combustible planta microbiana (CCPM) durante	Analizar las características morfológicas del cultivo <i>Fragaria spp.</i> en el apilamiento de celdas de combustibles planta microbiana	El desarrollo del cultivo <i>Fragaria spp.</i> es diferente en cada apilamiento de las celdas de combustible planta microbiana durante la					

APILAMIENTO DE CELDAS DE COMBUSTIBLE PLANTA MICROBIANA (CCPM) CULTIVADAS CON LA ESPECIE FRAGARIA SPP. PARA LA GENERACIÓN DE BIOELECTRICIDAD, LIMA, 2022							
PROBLEMAS	OBJETIVOS	HIPÓTESIS DE INVESTIGACION	OPERACIONALIZACIÓN DE LAS VARIABLES				TÉCNICA/ INSTRUMENTO
			VARIABLE	DIMENSIONES	INDICADOR	UNIDAD	
la generación de bioelectricidad?	(CCPM) durante la generación de bioelectricidad.	generación de bioelectricidad					

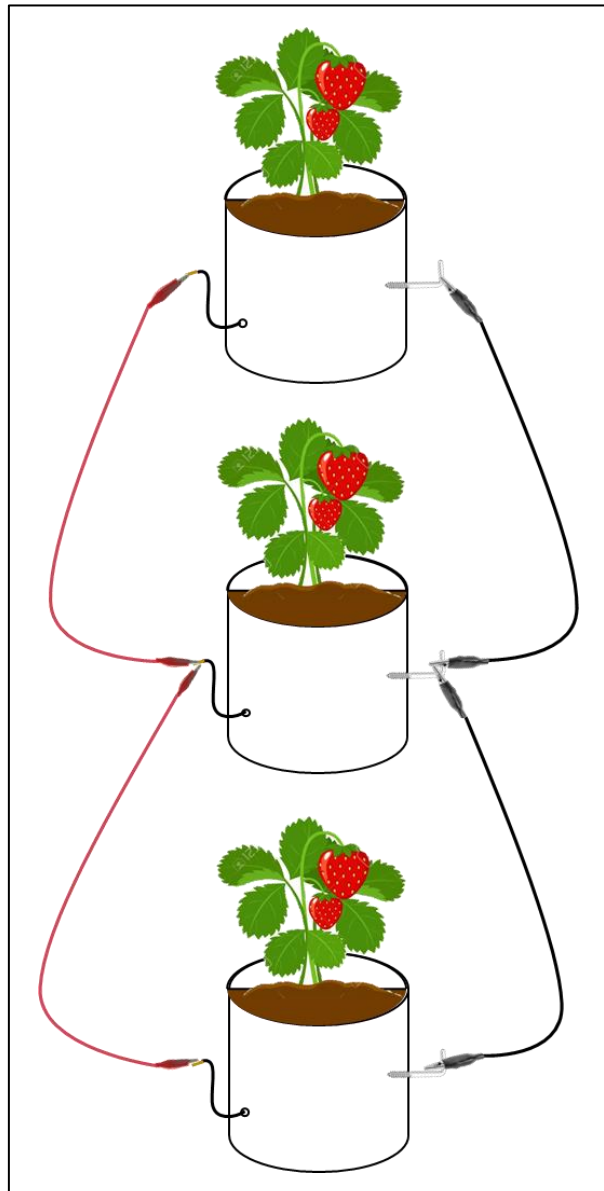
Nota. Elaboración propia

ANEXO II. ESQUEMA DE CADA TRATAMIENTO

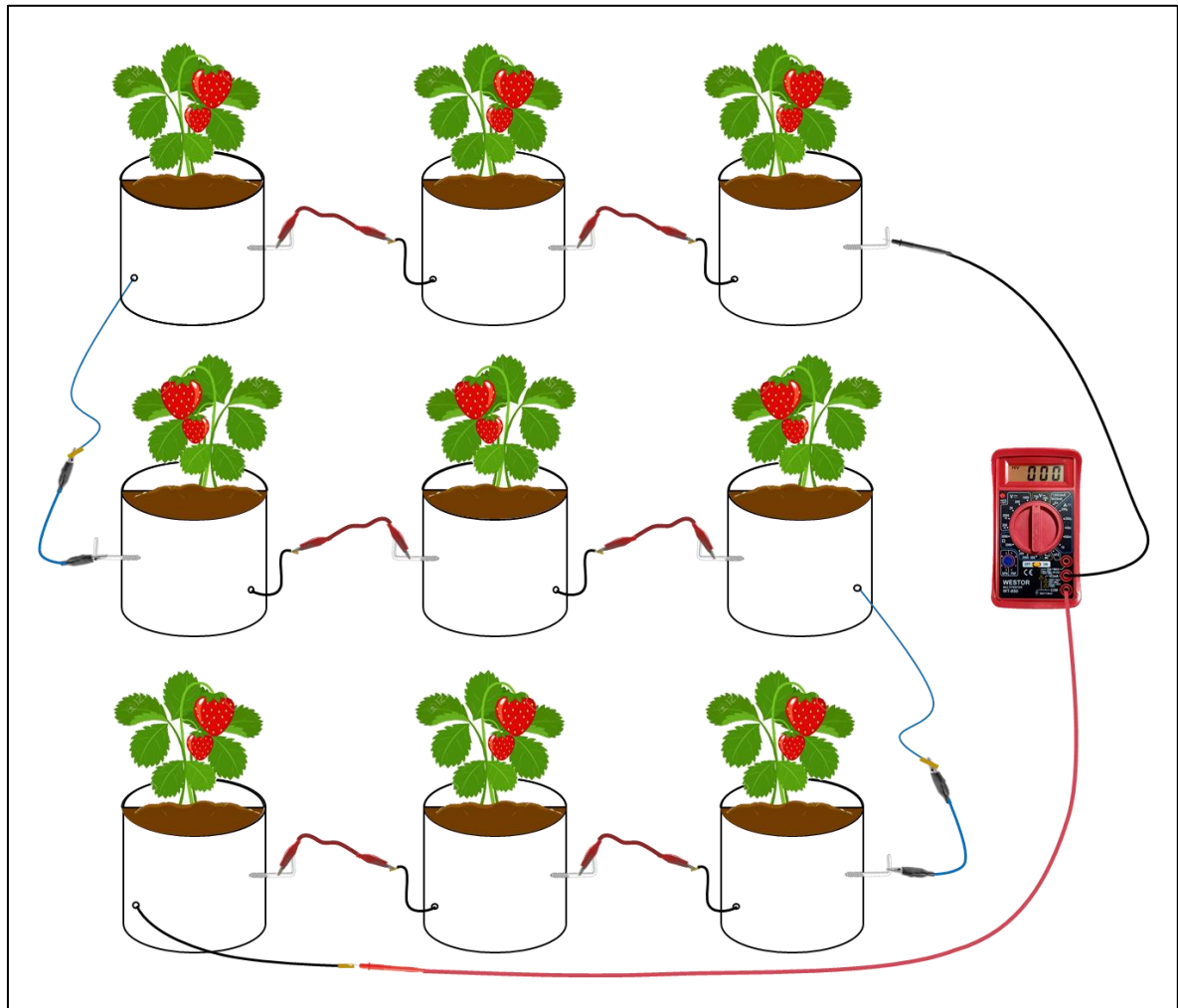
Tratamiento 1 – Configuración 3S (3 CCPM conectadas en serie)



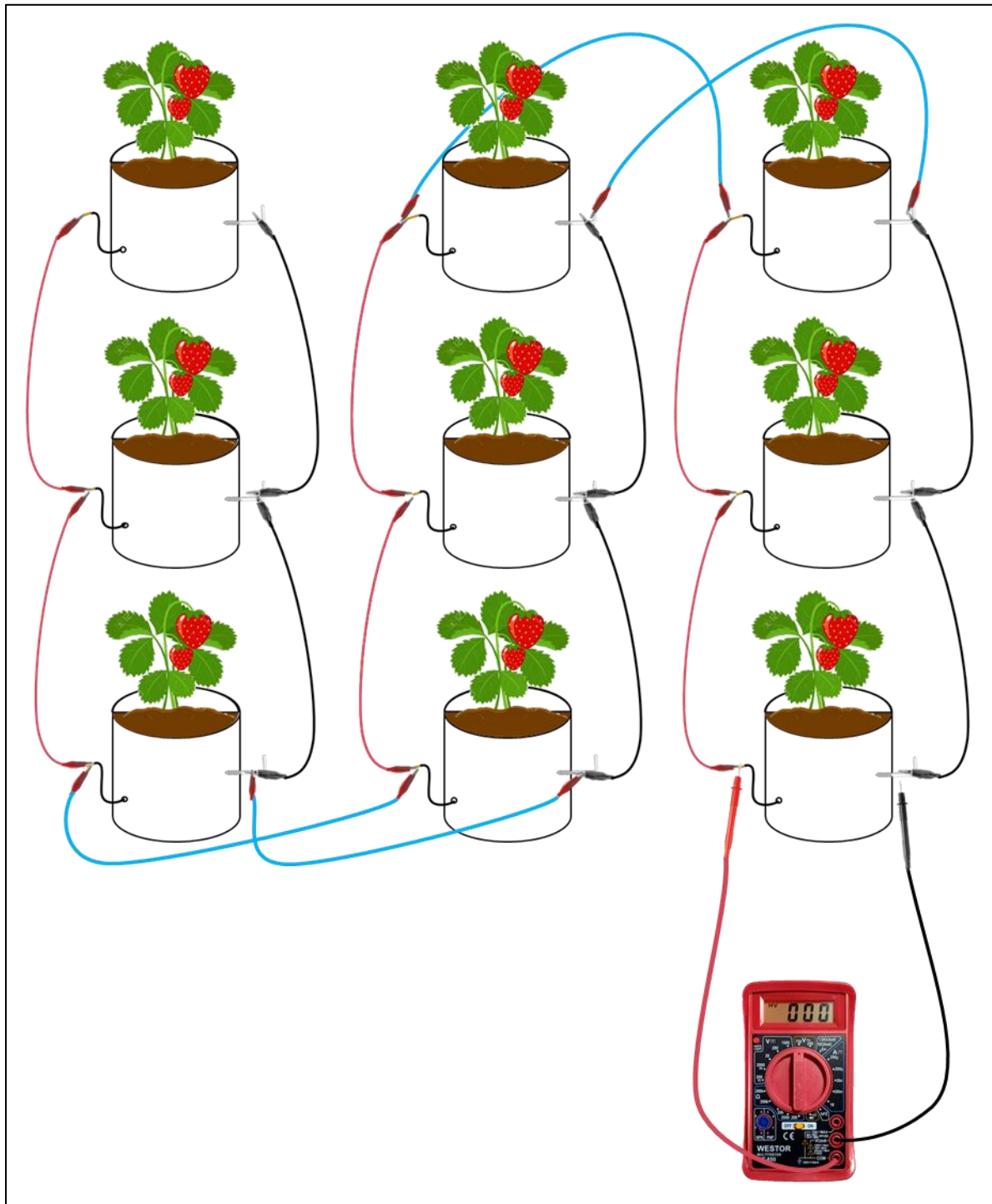
Tratamiento 2 – Configuración 3P (3 CCPM conectadas en paralelo)



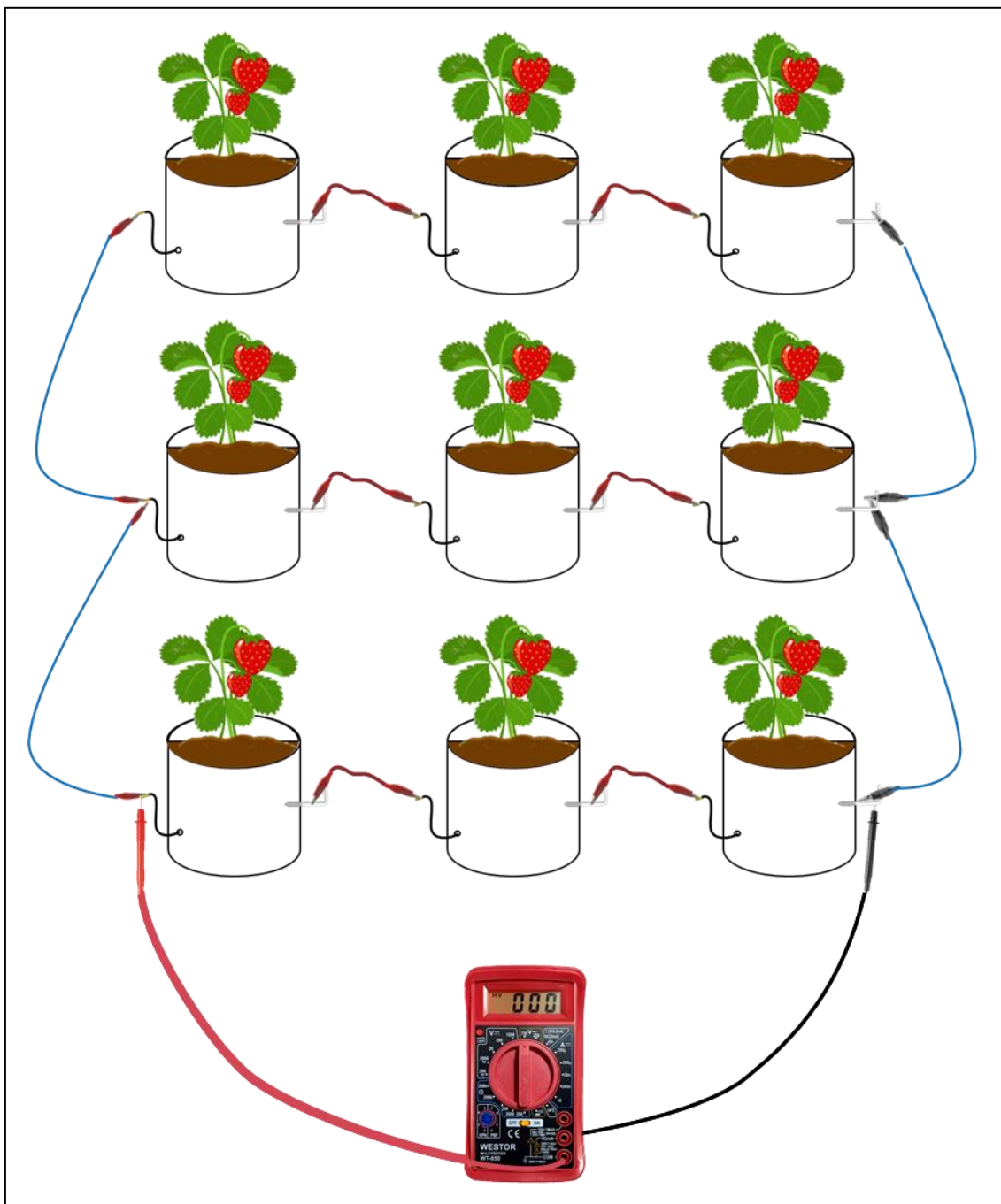
Tratamiento 1 – Configuración 9S (9 CCPM conectadas en serie)



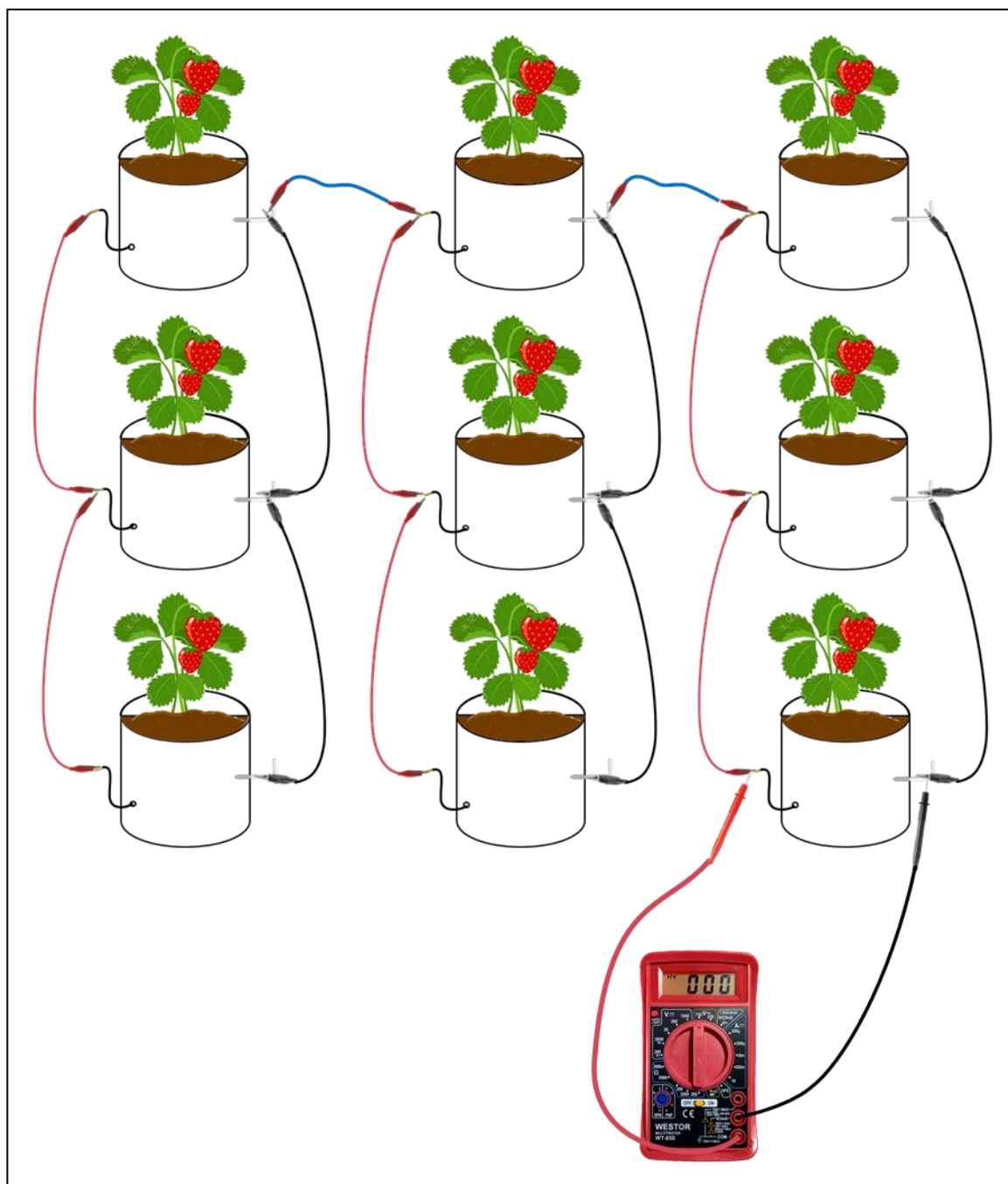
Tratamiento 2 – Configuración 9P (9 CCPM conectadas en paralelo)



Tratamiento 1 – Configuración 3S-P (3 CCPM en serie conectadas en paralelo)



Tratamiento 2 – Configuración 3P-S (3 CCPM en paralelo conectadas en serie)



**ANEXO III. VALIDACIÓN DEL INSTRUMENTO Y CERTIFICADO DE
ACREDITACIÓN**

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LE-0008-2022

EXPEDIENTE : 00296
FECHA DE EMISIÓN : 2022-04-04

Página 1 de 2

1. SOLICITANTE : HUAMAN CONDOR CLAUDIA FERNANDA
DIRECCIÓN : CALLE GERONIMO MEDINA N° 273 SANTA LUZMILA, COMAS
2. Instrumento Calibrado : MULTÍMETROS DIGITALES
Marca : Samwin
Modelo : DT830D
Código : E-001 (*)
Procedencia : No indica
Ubicación : No indica
3. Fecha de Calibración : 2022-03-31
4. Lugar de calibración : en el laboratorio de electricidad de ALAB EIRL
5. Método de calibración : La calibración se realizó por comparación directa siguiendo el PC-021 "Procedimiento para la calibración de Multímetros Digitales" Segunda Edición, 2016 INACAL.
6. Trazabilidad : Los resultados de la calibración realizada tienen trazabilidad a los patrones nacionales del INACAL - DM, en concordancia con el Sistema Internacional de Unidades de Medida (SI) y el Sistema Legal de Unidades de Medida del Perú (SLUMP)

Código	Descripción	Certificado de calibración
PTE-002	Calibrador Multifunción	LE-036-2021 / INACAL-DM

7. Condiciones de Calibración :

Temperatura ambiental	21,3 °C	22,4 °C
Humedad relativa	62,3 %h.r.	61,3 %h.r.



Randy C. Santiago Jurado
Responsable de Laboratorio de
Electricidad

Los resultados presentados corresponden sólo al ítem calibrado y se refieren al momento y condiciones en que se realizaron las mediciones y no deben utilizarse como certificado de conformidad con normas de producto.

El certificado de calibración es un documento oficial de interés público, su adulteración o uso indebido constituye delito contra la fe pública y se regula por las disposiciones penales y civiles en la materia. Sin perjuicio de lo señalado, dicho uso puede configurar por sus efectos una infracción a las normas de protección al consumidor y las que regulan la libre competencia.

Al usuario le corresponde disponer en su momento la ejecución de una nueva calibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamentaciones vigentes.

ALAB E.I.R.L. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.

Este certificado de calibración es trazable a patrones nacionales o internacionales, los cuales realizan las unidades de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

Este certificado de calibración no podrá ser reproducido parcialmente, excepto con autorización expresa por escrito de ALAB E.I.R.L.

El certificado de calibración no es válido sin la firma del responsable técnico de ALAB E.I.R.L.

8. Resultados de la Calibración :

FUNCIÓN TENSIÓN ALTERNA AC

INSTRUMENTO				TENSIÓN MEDIDA	RESULTADOS	
RANGO	LECTURA	FRECUENCIA	ERROR		INCERTIDUMBRE	
200	V	19,38 V	60 Hz	20,0044 V	-0,6244 V	0,075 V
		179,76 V	60 Hz	180,0455 V	-0,2855 V	0,16 V
750	V	74 V	60 Hz	75,022 V	-1,022 V	0,58 V
		373 V	60 Hz	375,085 V	-2,085 V	0,62 V
		676 V	60 Hz	675,052 V	0,748 V	1,0 V

FUNCIÓN TENSIÓN CONTINUA DC

INSTRUMENTO		TENSIÓN DE MEDIDA	RESULTADOS		
RANGO	LECTURA		ERROR	INCERTIDUMBRE	
2000	mV	233,00 mV	200,003 mV	32,997 mV	0,59 mV
		1835,00 mV	1800,011 mV	34,989 mV	1,1 mV
20	V	2,00 V	2,0000 V	0,0000 V	0,0059 V
		10,06 V	9,9991 V	0,0589 V	0,010 V
		18,11 V	17,9980 V	0,1120 V	0,011 V
200	V	20,06 V	19,9977 V	0,0623 V	0,077 V
		100,40 V	99,9745 V	0,4256 V	0,091 V
		180,90 V	179,7203 V	1,1797 V	0,094 V
1000	V	100 V	99,97 V	0,03 V	0,58 V
		910 V	899,79 V	10,21 V	0,74 V

FUNCIÓN CORRIENTE CONTINUA (DC)

INSTRUMENTO		CORRIENTE MEDIDA	RESULTADOS		
RANGO	LECTURA		ERROR	INCERTIDUMBRE	
20	mA	17,95 mA	17,9989 mA	-0,0449 mA	0,020 mA
200	mA	178,1 mA	179,9026 mA	-1,8426 mA	0,20 mA
10	A	1,02 A	0,9997 A	0,0203 A	0,0015 A
		9,23 A	9,0017 A	0,2323 A	0,015 A

FUNCIÓN RESISTENCIA

INSTRUMENTO		VALOR MEDIDO	RESULTADOS		
RANGO	LECTURA		ERROR	INCERTIDUMBRE	
200	Ω	20,4 Ω	20,03 Ω	0,37 Ω	0,059 Ω
		181 Ω	180,25 Ω	0,37 Ω	0,071 Ω
2000	Ω	205 Ω	199,82 Ω	5,18 Ω	0,59 Ω
		1807 Ω	1800,32 Ω	6,68 Ω	0,59 Ω
20	k Ω	2,03 k Ω	2,00 k Ω	0,03 k Ω	0,0071 k Ω
		17,94 k Ω	17,98 k Ω	-0,04 k Ω	0,0086 k Ω
200	k Ω	19,90 k Ω	19,84 k Ω	0,06 k Ω	0,059 k Ω
		179,16 k Ω	178,38 k Ω	0,78 k Ω	0,53 k Ω
2000	k Ω	200,00 k Ω	196,17 k Ω	3,8 k Ω	0,59 k Ω
		1806,80 k Ω	1759,62 k Ω	47,2 k Ω	3,9 k Ω

9. OBSERVACIONES

- Se colocó una etiqueta autoadhesiva con la indicación "CALIBRADO", con el N° 001919.
- La incertidumbre expandida de la medición se ha obtenido multiplicando la incertidumbre estándar de la medición por el factor de cobertura $k = 2$ que, para una distribución normal corresponde a una probabilidad de cobertura de aproximadamente 95 %.
- (*) Código de identificación asignado por ALAB EIRL

FIN DEL DOCUMENTO



La Dirección de Acreditación del Instituto Nacional de Calidad – INACAL, en el marco
de la Ley N° 30224, **OTORGA** el presente certificado de Acreditación a:

ANALYTICAL LABORATORY E.I.R.L.

Laboratorio de Calibración

En su sede ubicada en: Av. Guardia Chalaca N° 1877 - distrito Bellavista, provincia Constitucional del Callao, departamento Lima.

Con base en la norma

NTP-ISO/IEC 17025:2017 Requisitos Generales para la Competencia de los Laboratorios de Ensayo y Calibración

Facultándolo a emitir Certificados de Calibración con Símbolo de Acreditación. En el alcance de la acreditación otorgada que se detalla en el DA-acr-06P-22F que forma parte integral del presente certificado llevando el mismo número del registro indicado líneas abajo.

Fecha de Acreditación: 21 de octubre de 2021

Fecha de Vencimiento: 20 de octubre de 2024

Cédula N° : 651-2021-INACAL/DA

Contrato N° : 061-2021/INACAL-DA

Registro N° : LC - 052

ALEJANDRA RODRIGUEZ ALEGRIA
Directora, Dirección de Acreditación - INACAL

Fecha de emisión: 27 de octubre de 2021

El presente certificado tiene validez con su correspondiente Alcance de Acreditación y cédula de notificación dado que el alcance puede estar sujeto a ampliaciones, reducciones, actualizaciones y suspensiones temporales. El alcance y vigencia debe confirmarse en la página web www.inacal.gob.pe/acreditacion/categoria/acreditados al momento de hacer uso del presente certificado.

La Dirección de Acreditación del INACAL es firmante del Acuerdo de Reconocimiento Multilateral (MLA) de Inter American Accreditation Cooperation (IAAC) e International Accreditation Forum (IAF) y del Acuerdo de Reconocimiento Mutuo con la International Laboratory Accreditation Cooperation (ILAC).

ANEXO IV. FICHA DE REGISTRO DE DATOS

REGISTRO DE MAGNITUDES ELÉCTRICAS

FICHA DE REGISTRO DE MAGNITUDES ELÉCTRICAS EN CIRCUITO ABIERTO							
Fecha:		05/04/2022		Hora:		08:00 horas	
Tratamiento	Repetición	Configuración	Niveles de Voltaje (V)	Intensidad de Corriente (mA)	Potencia Eléctrica (mW)	Densidad de Potencia Eléctrica (mW/m ²)	
Tratamiento N°1	Repetición N° 1	3S	1.761	0.434	0.764	90.102	
		3S	1.723	0.426	0.734	86.533	
		3S	1.839	0.443	0.815	96.044	
		9S	2.864	0.463	1.326	52.110	
		3SP	1.575	0.769	1.211	47.606	
	Repetición N° 2	3S	1.741	0.424	0.738	87.026	
		3S	1.688	0.439	0.741	87.362	
		3S	1.813	0.426	0.772	91.053	
		9S	3.037	0.458	1.391	54.661	
	Repetición N° 3	3SP	1.540	0.912	1.405	55.205	
		3S	1.759	0.409	0.719	84.816	
		3S	1.818	0.462	0.840	99.020	
		3S	1.746	0.414	0.723	85.218	
	Tratamiento N°2	Repetición N° 1	9S	2.894	0.457	1.323	51.973
			3SP	1.569	0.783	1.229	48.288
3P			0.498	0.879	0.437	51.572	
3P			0.449	0.930	0.417	49.192	
3P			0.542	1.035	0.561	66.175	
Repetición N° 2		9P	0.383	2.329	0.893	35.074	
		3PS	0.660	0.819	0.540	21.231	
		3P	0.483	1.106	0.534	62.978	
		3P	0.513	1.096	0.563	66.328	
Repetición N° 3		3P	0.510	1.034	0.528	62.210	
		9P	0.385	2.733	1.053	41.373	
		3PS	0.643	0.984	0.632	24.851	
		3P	0.258	1.049	0.270	31.865	
		3P	0.485	0.928	0.450	53.098	
		3P	0.512	0.935	0.478	56.401	
Fecha:		05/04/2022		Hora:		14:00 horas	
Tratamiento	Repetición	Configuración	Niveles de Voltaje (V)	Intensidad de Corriente (mA)	Potencia Eléctrica (mW)	Densidad de Potencia Eléctrica (mW/m ²)	
Tratamiento N°1	Repetición N° 1	9P	0.292	2.389	0.698	27.434	
		3PS	0.416	0.875	0.364	14.293	
		3S	1.678	0.411	0.690	81.306	
		3S	1.629	0.412	0.671	79.123	
		3S	1.768	0.421	0.744	87.751	
	Repetición N° 2	9S	2.485	0.434	1.078	42.382	
		3SP	1.692	0.739	1.250	49.127	
		3S	1.808	0.433	0.783	92.294	
		3S	1.628	0.429	0.698	82.338	
	Repetición N° 3	3S	1.877	0.441	0.828	97.586	
		9S	3.02	0.444	1.341	52.693	
		3SP	1.771	0.809	1.433	56.303	
		3S	1.785	0.43	0.768	90.488	
		3S	1.628	0.392	0.638	75.236	
		3S	1.695	0.407	0.690	81.330	
Tratamiento N°2	Repetición N° 1	9S	2.716	0.422	1.146	45.041	
		3SP	1.703	0.771	1.313	51.588	
		3P	0.456	0.874	0.399	46.985	
		3P	0.401	0.772	0.310	36.496	
		3P	0.472	0.916	0.433	51.007	

FICHA DE REGISTRO DE MAGNITUDES ELÉCTRICAS EN CIRCUITO ABIERTO							
		9P	0.337	1.983	0.668	26.270	
		3PS	0.505	0.741	0.374	14.715	
	Repetición N° 2	3P	0.424	0.889	0.377	44.438	
		3P	0.469	0.873	0.409	48.235	
		3P	0.440	0.993	0.437	51.510	
		9P	0.332	2.111	0.701	27.560	
		3PS	0.495	0.828	0.410	16.096	
	Repetición N° 3	3P	0.184	0.890	0.164	19.306	
		3P	0.433	0.897	0.388	45.754	
		3P	0.466	0.989	0.461	54.295	
		9P	0.252	2.187	0.551	21.639	
		3PS	0.209	0.801	0.168	6.589	
	Fecha:		05/04/2022		Hora:		20:00 horas
	Tratamiento	Repetición	Configuración	Niveles de Voltaje (V)	Intensidad de Corriente (mA)	Potencia Eléctrica (mW)	Densidad de Potencia Eléctrica (mW/m ²)
Tratamiento N°1	Repetición N° 1	3S	2.023	0.46	0.931	109.708	
		3S	2.039	0.46	0.938	110.576	
		3S	2.139	0.473	1.012	119.277	
		9S	3.984	0.48	1.912	75.149	
		3SP	2.067	0.854	1.765	69.369	
	Repetición N° 2	3S	2.073	0.462	0.958	112.909	
		3S	1.942	0.462	0.897	105.774	
		3S	2.156	0.477	1.028	121.242	
		9S	3.51	0.499	1.751	68.829	
	Repetición N° 3	3SP	2.057	0.830	1.707	67.093	
		3S	2.092	0.455	0.952	112.217	
		3S	2.047	0.484	0.991	116.802	
		3S	2.064	0.466	0.962	113.392	
		9S	3.85	0.484	1.863	73.227	
Tratamiento N°2	Repetición N° 1	3SP	2.068	0.905	1.871	73.535	
		3P	0.651	1.144	0.745	87.845	
		3P	0.599	0.971	0.582	68.608	
		3P	0.671	1.009	0.677	79.818	
		9P	0.545	2.620	1.427	56.067	
	Repetición N° 2	3PS	1.091	0.923	1.007	39.560	
		3P	0.638	1.167	0.745	87.776	
		3P	0.666	1.145	0.762	89.856	
		3P	0.644	1.002	0.645	76.035	
		9P	0.537	2.734	1.468	57.707	
	Repetición N° 3	3PS	1.079	0.989	1.067	41.949	
		3P	0.670	1.156	0.775	91.310	
		3P	0.647	1.006	0.651	76.774	
		3P	0.656	1.052	0.690	81.400	
9P		0.562	2.613	1.468	57.697		
		3PS	1.127	0.956	1.077	42.327	

FICHA DE REGISTRO DE MAGNITUDES ELÉCTRICAS EN CIRCUITO ABIERTO							
Fecha:		06/04/2022		Hora:		08:00 horas	
Tratamiento	Repetición	Configuración	Niveles de Voltaje (V)	Intensidad de Corriente (mA)	Potencia Eléctrica (mW)	Densidad de Potencia Eléctrica (mW/m ²)	
Tratamiento N°1	Repetición N° 1	3S	1.61	0.405	0.652	76.872	
		3S	1.93	0.412	0.795	93.743	
		3S	1.974	0.456	0.900	106.120	
		9S	3.028	0.441	1.335	52.476	
		3SP	1.628	0.766	1.247	49.006	
	Repetición N° 2	3S	1.748	0.425	0.743	87.582	
		3S	1.86	0.407	0.757	89.247	
		3S	1.842	0.407	0.750	88.383	
		9S	2.905	0.426	1.238	48.632	
	Repetición N° 3	3SP	1.611	0.834	1.343	52.788	
		3S	1.759	0.415	0.730	86.060	
		3S	1.611	0.413	0.665	78.439	
		3S	1.871	0.404	0.756	89.113	
	Tratamiento N°2	Repetición N° 1	9S	2.861	0.433	1.239	48.682
			3SP	1.544	0.829	1.280	50.300
3P			0.492	0.989	0.486	57.326	
3P			0.501	0.974	0.488	57.528	
3P			0.473	0.923	0.437	51.469	
Repetición N° 2		9P	0.375	2.368	0.887	34.855	
		3PS	0.645	0.832	0.536	21.078	
		3P	0.459	0.950	0.436	51.370	
		3P	0.515	0.973	0.501	59.037	
Repetición N° 3		3P	0.478	1.015	0.485	57.198	
		9P	0.359	2.405	0.863	33.908	
		3PS	0.581	0.862	0.501	19.692	
		3P	0.263	0.992	0.261	30.797	
		3P	0.498	0.999	0.497	58.613	
		3P	0.491	1.130	0.555	65.455	
Repetición N° 3	9P	0.306	2.515	0.771	30.287		
	3PS	0.410	0.911	0.374	14.690		
	3PS	0.410	0.911	0.374	14.690		
Fecha:		06/04/2022		Hora:		14:00 horas	
Tratamiento	Repetición	Configuración	Niveles de Voltaje (V)	Intensidad de Corriente (mA)	Potencia Eléctrica (mW)	Densidad de Potencia Eléctrica (mW/m ²)	
Tratamiento N°1	Repetición N° 1	3S	1.663	0.404	0.672	79.206	
		3S	1.926	0.406	0.782	92.187	
		3S	1.91	0.435	0.831	97.951	
		9S	2.972	0.43	1.278	50.221	
		3SP	1.833	0.785	1.439	56.545	
	Repetición N° 2	3S	1.749	0.433	0.757	89.282	
		3S	1.888	0.422	0.797	93.929	
		3S	1.81	0.391	0.708	83.434	
		9S	3.186	0.429	1.367	53.712	
	Repetición N° 3	3SP	1.816	0.790	1.434	56.367	
		3S	1.84	0.444	0.817	96.313	
		3S	1.583	0.407	0.644	75.956	
		3S	1.916	0.43	0.824	97.129	
		9S	3.09	0.444	1.372	53.915	
	Repetición N° 3	3SP	1.780	0.797	1.418	55.739	
3P		0.443	0.941	0.417	49.145		
3P		0.455	0.851	0.387	45.682		
Tratamiento N°2	Repetición N° 1	3P	0.417	0.944	0.394	46.445	
		3P	0.417	0.944	0.394	46.445	

FICHA DE REGISTRO DE MAGNITUDES ELÉCTRICAS EN CIRCUITO ABIERTO							
		9P	0.319	2.171	0.692	27.178	
		3PS	0.475	0.785	0.373	14.643	
	Repetición N° 2	3P	0.414	0.996	0.413	48.651	
		3P	0.463	0.964	0.447	52.657	
		3P	0.441	0.908	0.400	47.172	
		9P	0.340	2.326	0.792	31.119	
		3PS	0.502	0.858	0.431	16.937	
		3P	0.193	0.965	0.187	21.995	
	Repetición N° 3	3P	0.443	1.035	0.458	54.014	
		3P	0.438	0.958	0.419	49.431	
		9P	0.246	2.376	0.584	22.959	
		3PS	0.225	0.870	0.195	7.681	
	Fecha:		06/04/2022		Hora:		20:00 horas
	Tratamiento	Repetición	Configuración	Niveles de Voltaje (V)	Intensidad de Corriente (mA)	Potencia Eléctrica (mW)	Densidad de Potencia Eléctrica (mW/m ²)
Tratamiento N°1	Repetición N° 1	3S	1.984	0.453	0.899	105.956	
		3S	2.278	0.462	1.052	124.074	
		3S	2.253	0.464	1.045	123.244	
		9S	3.945	0.49	1.933	75.964	
		3SP	2.172	0.930	2.020	79.367	
	Repetición N° 2	3S	2.074	0.471	0.977	115.164	
		3S	2.218	0.464	1.029	121.329	
		3S	2.212	0.461	1.020	120.219	
		9S	3.849	0.481	1.851	72.754	
	Repetición N° 3	3SP	2.168	0.860	1.864	73.269	
		3S	2.123	0.472	1.002	118.135	
		3S	1.972	0.455	0.897	105.780	
		3S	2.255	0.462	1.042	122.822	
		9S	3.868	0.497	1.922	75.545	
Tratamiento N°2	Repetición N° 1	3SP	2.117	0.820	1.736	68.207	
		3P	0.636	1.141	0.726	85.552	
		3P	0.646	1.020	0.659	77.682	
		3P	0.614	1.215	0.746	87.949	
		9P	0.514	2.778	1.428	56.113	
	Repetición N° 2	3PS	1.053	1.011	1.065	41.835	
		3P	0.594	1.086	0.645	76.093	
		3P	0.651	1.019	0.664	78.246	
		3P	0.630	1.005	0.633	74.683	
		9P	0.505	2.579	1.303	51.215	
	Repetición N° 3	3PS	1.019	0.918	0.935	36.761	
		3P	0.654	1.114	0.729	85.935	
		3P	0.654	1.139	0.745	87.819	
		3P	0.660	1.124	0.742	87.457	
		9P	0.540	2.793	1.509	59.281	
		3PS	1.090	0.999	1.089	42.805	

FICHA DE REGISTRO DE MAGNITUDES ELÉCTRICAS EN CIRCUITO ABIERTO							
Fecha:		07/04/2022		Hora:		08:00 horas	
Tratamiento	Repetición	Configuración	Niveles de Voltaje (V)	Intensidad de Corriente (mA)	Potencia Eléctrica (mW)	Densidad de Potencia Eléctrica (mW/m ²)	
Tratamiento N°1	Repetición N° 1	3S	1.819	0.429	0.780	91.998	
		3S	1.863	0.434	0.809	95.321	
		3S	1.843	0.414	0.763	89.952	
		9S	3.094	0.436	1.349	53.012	
		3SP	1.638	0.913	1.495	58.757	
	Repetición N° 2	3S	1.663	0.436	0.725	85.480	
		3S	1.847	0.43	0.794	93.631	
		3S	1.604	0.416	0.667	78.665	
		9S	2.639	0.455	1.201	47.186	
	Repetición N° 3	3SP	1.496	0.785	1.174	46.139	
		3S	1.797	0.41	0.737	86.860	
		3S	1.693	0.404	0.684	80.635	
		3S	1.901	0.435	0.827	97.489	
	Tratamiento N°2	Repetición N° 1	9S	2.874	0.444	1.276	50.146
			3SP	1.594	0.738	1.176	46.228
3P			0.578	0.991	0.573	67.529	
3P			0.554	0.962	0.533	62.793	
3P			0.596	1.101	0.656	77.317	
Repetición N° 2		9P	0.452	2.442	1.103	43.355	
		3PS	0.879	0.920	0.809	31.791	
		3P	0.584	1.024	0.598	70.461	
		3P	0.570	0.889	0.507	59.775	
Repetición N° 3		3P	0.555	0.836	0.464	54.700	
		9P	0.448	2.134	0.955	37.542	
		3PS	0.854	0.809	0.691	27.150	
		3P	0.290	0.931	0.270	31.830	
		3P	0.597	0.917	0.547	64.504	
Repetición N° 3		3P	0.583	0.903	0.526	62.029	
	9P	0.369	2.188	0.807	31.709		
	3PS	0.610	0.796	0.486	19.092		
	Fecha:		07/04/2022		Hora:		14:00 horas
	Tratamiento	Repetición	Configuración	Niveles de Voltaje (V)	Intensidad de Corriente (mA)	Potencia Eléctrica (mW)	Densidad de Potencia Eléctrica (mW/m ²)
Tratamiento N°1	Repetición N° 1	3S	1.742	0.421	0.733	86.460	
		3S	1.887	0.435	0.821	96.772	
		3S	1.831	0.411	0.753	88.719	
		9S	2.947	0.435	1.282	50.377	
		3SP	1.820	0.749	1.363	53.570	
	Repetición N° 2	3S	1.615	0.412	0.665	78.443	
		3S	1.888	0.447	0.844	99.494	
		3S	1.666	0.436	0.726	85.634	
		9S	2.879	0.445	1.281	50.346	
	Repetición N° 3	3SP	1.723	0.782	1.347	52.949	
		3S	1.739	0.389	0.676	79.751	
		3S	1.777	0.427	0.759	89.454	
		3S	1.91	0.428	0.817	96.375	
		9S	3.144	0.426	1.339	52.633	
	Tratamiento N°2	Repetición N° 1	3SP	1.809	0.771	1.394	54.800
3P			0.524	0.827	0.433	51.089	
3P			0.502	0.924	0.464	54.684	
		3P	0.534	0.982	0.525	61.860	

FICHA DE REGISTRO DE MAGNITUDES ELÉCTRICAS EN CIRCUITO ABIERTO							
		9P	0.413	2.092	0.864	33.962	
		3PS	0.683	0.799	0.546	21.456	
	Repetición N° 2	3P	0.529	0.974	0.515	60.744	
		3P	0.510	0.812	0.414	48.790	
		3P	0.515	0.808	0.416	49.026	
		9P	0.402	2.070	0.832	32.683	
		3PS	0.680	0.774	0.527	20.693	
		3P	0.230	0.826	0.190	22.430	
	Repetición N° 3	3P	0.513	0.776	0.398	46.962	
		3P	0.534	0.980	0.524	61.734	
		9P	0.307	2.035	0.625	24.551	
		3PS	0.445	0.761	0.339	13.308	
	Fecha:		07/04/2022		Hora:		20:00 horas
	Tratamiento	Repetición	Configuración	Niveles de Voltaje (V)	Intensidad de Corriente (mA)	Potencia Eléctrica (mW)	Densidad de Potencia Eléctrica (mW/m ²)
Tratamiento N°1	Repetición N° 1	3S	2.132	0.479	1.021	120.395	
		3S	2.155	0.477	1.028	121.186	
		3S	2.21	0.474	1.048	123.497	
		9S	3.804	0.496	1.887	74.146	
		3SP	2.166	0.961	2.081	81.786	
	Repetición N° 2	3S	1.994	0.462	0.921	108.606	
		3S	2.172	0.48	1.043	122.910	
		3S	1.986	0.46	0.914	107.702	
		9S	3.663	0.494	1.810	71.110	
	Repetición N° 3	3SP	2.051	0.974	1.997	78.491	
		3S	2.151	0.459	0.987	116.396	
		3S	2.138	0.465	0.994	117.205	
		3S	2.23	0.466	1.039	122.512	
		9S	4.011	0.484	1.941	76.289	
Tratamiento N°2	Repetición N° 1	3SP	2.173	0.824	1.791	70.364	
		3P	0.730	1.094	0.799	94.151	
		3P	0.713	1.140	0.812	95.781	
		3P	0.738	1.152	0.850	100.184	
		9P	0.607	2.872	1.743	68.482	
	Repetición N° 2	3PS	1.319	1.030	1.359	53.402	
		3P	0.737	1.099	0.810	95.445	
		3P	0.697	1.108	0.772	91.046	
		3P	0.706	0.998	0.705	83.105	
		9P	0.608	2.558	1.556	61.152	
	Repetición N° 3	3PS	1.301	0.946	1.231	48.365	
		3P	0.712	0.982	0.700	82.467	
		3P	0.722	1.070	0.773	91.077	
		3P	0.729	0.989	0.721	85.037	
		9P	0.624	2.392	1.493	58.677	
		3PS	1.291	0.886	1.144	44.938	

FICHA DE REGISTRO DE MAGNITUDES ELÉCTRICAS EN CIRCUITO ABIERTO							
Fecha:		08/04/2022		Hora:		08:00 horas	
Tratamiento	Repetición	Configuración	Niveles de Voltaje (V)	Intensidad de Corriente (mA)	Potencia Eléctrica (mW)	Densidad de Potencia Eléctrica (mW/m²)	
Tratamiento N°1	Repetición N° 1	3S	1.926	0.405	0.780	91.960	
		3S	1.77	0.398	0.704	83.051	
		3S	1.789	0.409	0.732	86.262	
		9S	3.127	0.419	1.310	51.488	
		3SP	1.625	0.732	1.190	46.754	
	Repetición N° 2	3S	1.861	0.425	0.791	93.244	
		3S	1.655	0.422	0.698	82.337	
		3S	1.827	0.409	0.747	88.094	
		9S	3.082	0.445	1.371	53.896	
	Repetición N° 3	3SP	1.578	0.862	1.360	53.454	
		3S	1.872	0.429	0.803	94.678	
		3S	1.77	0.425	0.752	88.685	
		3S	1.734	0.422	0.732	86.268	
	Tratamiento N°2	Repetición N° 1	9S	3.159	0.443	1.399	54.994
			3SP	1.594	0.808	1.288	50.613
3P			0.564	1.126	0.635	74.869	
3P			0.571	1.103	0.630	74.250	
3P			0.568	1.115	0.633	74.620	
Repetición N° 2		9P	0.446	2.801	1.248	49.043	
		3PS	0.800	1.005	0.804	31.582	
		3P	0.573	0.998	0.572	67.457	
		3P	0.578	1.015	0.587	69.204	
Repetición N° 3		3P	0.553	1.195	0.661	77.954	
		9P	0.456	2.653	1.211	47.576	
		3PS	0.773	0.970	0.750	29.466	
		3P	0.293	1.122	0.329	38.801	
		3P	0.563	0.993	0.559	65.948	
		3P	0.563	1.092	0.615	72.523	
Fecha:		08/04/2022		Hora:		14:00 horas	
Tratamiento	Repetición	Configuración	Niveles de Voltaje (V)	Intensidad de Corriente (mA)	Potencia Eléctrica (mW)	Densidad de Potencia Eléctrica (mW/m²)	
Tratamiento N°1	Repetición N° 1	9P	0.354	2.671	0.946	37.192	
		3PS	0.517	0.943	0.488	19.159	
		3S	1.898	0.396	0.752	88.609	
		3S	1.67	0.367	0.613	72.255	
		3S	1.848	0.423	0.782	92.157	
	Repetición N° 2	9S	2.926	0.405	1.185	46.569	
		3SP	1.805	0.794	1.433	56.330	
		3S	1.856	0.434	0.806	94.963	
		3S	1.603	0.403	0.646	76.160	
	Repetición N° 3	3S	1.77	0.39	0.690	81.381	
		9S	2.646	0.425	1.125	44.192	
		3SP	1.743	0.729	1.271	49.933	
		3S	1.798	0.399	0.717	84.576	
		3S	1.769	0.419	0.741	87.383	
		3S	1.707	0.432	0.737	86.937	
Tratamiento N°2	Repetición N° 1	9S	2.678	0.432	1.157	45.463	
		3SP	1.758	0.790	1.389	54.577	
		3P	0.497	0.970	0.482	56.835	
		3P	0.521	0.986	0.514	60.562	
		3P	0.511	0.980	0.500	59.000	

FICHA DE REGISTRO DE MAGNITUDES ELÉCTRICAS EN CIRCUITO ABIERTO							
		9P	0.401	2.375	0.951	37.384	
		3PS	0.576	0.873	0.503	19.749	
	Repetición N° 2	3P	0.513	0.980	0.503	59.269	
		3P	0.514	0.891	0.458	53.957	
		3P	0.489	0.944	0.461	54.384	
		9P	0.385	2.206	0.850	33.385	
		3PS	0.562	0.833	0.468	18.408	
		3P	0.243	1.062	0.258	30.424	
	Repetición N° 3	3P	0.524	1.014	0.531	62.641	
		3P	0.516	0.930	0.480	56.574	
		9P	0.332	2.426	0.805	31.620	
		3PS	0.319	0.890	0.284	11.157	
	Fecha:		08/04/2022		Hora:		20:00 horas
	Tratamiento	Repetición	Configuración	Niveles de Voltaje (V)	Intensidad de Corriente (mA)	Potencia Eléctrica (mW)	Densidad de Potencia Eléctrica (mW/m ²)
Tratamiento N°1	Repetición N° 1	3S	2.283	0.46	1.050	123.808	
		3S	2.141	0.443	0.948	111.817	
		3S	2.158	0.472	1.019	120.083	
		9S	4.14	0.494	2.045	80.370	
		3SP	2.194	0.953	2.091	82.166	
	Repetición N° 2	3S	2.216	0.473	1.048	123.571	
		3S	2.015	0.461	0.929	109.512	
		3S	2.187	0.464	1.015	119.634	
		9S	3.632	0.493	1.791	70.365	
	Repetición N° 3	3SP	2.139	0.985	2.107	82.809	
		3S	2.232	0.481	1.074	126.568	
		3S	2.111	0.475	1.003	118.214	
		3S	2.014	0.473	0.953	112.307	
		9S	3.911	0.496	1.940	76.232	
Tratamiento N°2	Repetición N° 1	3SP	2.119	0.943	1.998	78.525	
		3P	0.704	1.317	0.927	109.254	
		3P	0.718	1.334	0.957	112.866	
		3P	0.711	1.271	0.904	106.587	
		9P	0.595	3.343	1.989	78.152	
	Repetición N° 2	3PS	1.247	1.205	1.502	59.034	
		3P	0.736	1.170	0.861	101.520	
		3P	0.718	1.199	0.860	101.444	
		3P	0.698	1.266	0.883	104.128	
		9P	0.600	3.038	1.823	71.645	
	Repetición N° 3	3PS	1.251	1.096	1.371	53.895	
		3P	0.723	1.131	0.818	96.447	
		3P	0.713	1.158	0.826	97.384	
		3P	0.708	1.161	0.822	96.906	
9P		0.610	2.909	1.774	69.720		
		3PS	1.230	1.023	1.258	49.434	

FICHA DE REGISTRO DE MAGNITUDES ELÉCTRICAS EN CIRCUITO ABIERTO							
Fecha:		09/04/2022		Hora:		08:00 horas	
Tratamiento	Repetición	Configuración	Niveles de Voltaje (V)	Intensidad de Corriente (mA)	Potencia Eléctrica (mW)	Densidad de Potencia Eléctrica (mW/m ²)	
Tratamiento N°1	Repetición N° 1	3S	1.871	0.421	0.788	92.863	
		3S	1.911	0.44	0.841	99.129	
		3S	1.925	0.429	0.826	97.359	
		9S	3.376	0.447	1.509	59.303	
		3SP	1.702	0.797	1.357	53.317	
	Repetición N° 2	3S	1.651	0.401	0.662	78.051	
		3S	1.796	0.421	0.756	89.140	
		3S	1.827	0.426	0.778	91.756	
		9S	2.682	0.437	1.172	46.058	
	Repetición N° 3	3SP	1.554	0.864	1.343	52.763	
		3S	1.691	0.39	0.659	77.749	
		3S	1.93	0.418	0.807	95.109	
		3S	1.77	0.428	0.758	89.311	
	Tratamiento N°2	Repetición N° 1	9S	2.916	0.43	1.254	49.274
			3SP	1.599	0.825	1.319	51.840
3P			0.585	1.097	0.642	75.657	
3P			0.558	1.139	0.635	74.883	
3P			0.587	1.190	0.699	82.351	
Repetición N° 2		9P	0.463	2.886	1.335	52.460	
		3PS	0.788	1.047	0.825	32.408	
		3P	0.576	1.063	0.612	72.142	
		3P	0.571	1.047	0.598	70.481	
Repetición N° 3		3P	0.591	1.054	0.623	73.437	
		9P	0.461	2.585	1.192	46.853	
		3PS	0.804	0.933	0.750	29.466	
		3P	0.278	1.241	0.345	40.721	
		3P	0.566	1.210	0.684	80.692	
Fecha:		09/04/2022		Hora:		14:00 horas	
Tratamiento	Repetición	Configuración	Niveles de Voltaje (V)	Intensidad de Corriente (mA)	Potencia Eléctrica (mW)	Densidad de Potencia Eléctrica (mW/m ²)	
Tratamiento N°1	Repetición N° 1	3P	0.518	1.081	0.560	21.991	
		3P	0.593	1.090	0.646	76.159	
		9P	0.359	2.959	1.062	41.732	
		3P	0.566	1.210	0.684	80.692	
		3P	0.278	1.241	0.345	40.721	
	Repetición N° 2	3PS	0.804	0.933	0.750	29.466	
		3P	0.461	2.585	1.192	46.853	
		3P	0.591	1.054	0.623	73.437	
		3P	0.571	1.047	0.598	70.481	
	Repetición N° 3	3P	0.576	1.063	0.612	72.142	
		3PS	0.788	1.047	0.825	32.408	
		9P	0.463	2.886	1.335	52.460	
		3P	0.587	1.190	0.699	82.351	
		3P	0.558	1.139	0.635	74.883	
	Fecha:		09/04/2022		Hora:		14:00 horas
Tratamiento	Repetición	Configuración	Niveles de Voltaje (V)	Intensidad de Corriente (mA)	Potencia Eléctrica (mW)	Densidad de Potencia Eléctrica (mW/m ²)	
Tratamiento N°2	Repetición N° 1	3P	0.523	1.075	0.562	66.240	
		3P	0.482	1.053	0.508	59.877	
		3P	0.544	1.061	0.577	68.046	
	Repetición N° 2	3P	0.518	1.081	0.560	21.991	
		3P	0.593	1.090	0.646	76.159	
		9P	0.359	2.959	1.062	41.732	
		3P	0.566	1.210	0.684	80.692	
		3P	0.278	1.241	0.345	40.721	
	Repetición N° 3	3PS	0.804	0.933	0.750	29.466	
		9P	0.461	2.585	1.192	46.853	
		3P	0.591	1.054	0.623	73.437	
		3P	0.571	1.047	0.598	70.481	

FICHA DE REGISTRO DE MAGNITUDES ELÉCTRICAS EN CIRCUITO ABIERTO							
		9P	0.411	2.574	1.059	41.607	
		3PS	0.592	0.938	0.555	21.822	
	Repetición N° 2	3P	0.503	1.056	0.531	62.621	
		3P	0.495	0.979	0.485	57.131	
		3P	0.515	1.061	0.546	64.377	
		9P	0.404	2.492	1.007	39.585	
		3PS	0.545	0.939	0.511	20.098	
	Repetición N° 3	3P	0.215	1.006	0.216	25.499	
		3P	0.527	1.000	0.527	62.129	
		3P	0.535	1.016	0.544	64.122	
		9P	0.310	2.450	0.759	29.825	
		3PS	0.322	0.902	0.291	11.426	
	Fecha:		09/04/2022		Hora:		20:00 horas
	Tratamiento	Repetición	Configuración	Niveles de Voltaje (V)	Intensidad de Corriente (mA)	Potencia Eléctrica (mW)	Densidad de Potencia Eléctrica (mW/m ²)
Tratamiento N°1	Repetición N° 1	3S	2.212	0.471	1.042	122.827	
		3S	2.237	0.464	1.038	122.369	
		3S	2.241	0.467	1.047	123.380	
		9S	3.902	0.49	1.912	75.136	
		3SP	2.230	0.900	2.007	78.870	
	Repetición N° 2	3S	2.05	0.444	0.910	107.306	
		3S	2.145	0.472	1.012	119.359	
		3S	2.186	0.471	1.030	121.383	
		9S	3.796	0.477	1.811	71.156	
	Repetición N° 3	3SP	2.127	0.900	1.914	75.227	
		3S	2.14	0.462	0.989	116.558	
		3S	2.243	0.471	1.056	124.548	
		3S	2.144	0.474	1.016	119.809	
		9S	3.985	0.503	2.004	78.770	
Tratamiento N°2	Repetición N° 1	3SP	2.176	0.912	1.984	77.974	
		3P	0.706	1.187	0.838	98.797	
		3P	0.703	1.280	0.899	106.034	
		3P	0.724	1.290	0.934	110.107	
		9P	0.597	3.175	1.895	74.474	
	Repetición N° 2	3PS	1.240	1.157	1.434	56.364	
		3P	0.716	1.223	0.876	103.283	
		3P	0.703	1.221	0.858	101.147	
		3P	0.720	1.255	0.904	106.577	
		9P	0.603	3.090	1.864	73.235	
	Repetición N° 3	3PS	1.259	1.105	1.392	54.685	
		3P	0.713	1.327	0.946	111.544	
		3P	0.735	1.333	0.980	115.506	
		3P	0.730	1.215	0.887	104.613	
9P		0.631	3.353	2.116	83.158		
		3PS	1.306	1.193	1.558	61.243	

FICHA DE REGISTRO DE MAGNITUDES ELÉCTRICAS EN CIRCUITO ABIERTO						
Fecha:		10/04/2022		Hora:		08:00 horas
Tratamiento	Repetición	Configuración	Niveles de Voltaje (V)	Intensidad de Corriente (mA)	Potencia Eléctrica (mW)	Densidad de Potencia Eléctrica (mW/m ²)
Tratamiento N°1	Repetición N° 1	3S	2.388	0.531	1.268	149.491
		3S	2.317	0.498	1.154	136.032
		3S	2.324	0.454	1.055	124.388
		9S	4.603	0.507	2.334	91.709
		3SP	2.135	0.835	1.783	70.057
	Repetición N° 2	3S	2.114	0.505	1.068	125.859
		3S	2.177	0.492	1.071	126.273
		3S	2.211	0.497	1.099	129.548
		9S	4.244	0.509	2.160	84.890
		3SP	1.966	0.865	1.701	66.840
	Repetición N° 3	3S	2.289	0.486	1.112	131.150
		3S	2.235	0.483	1.080	127.266
		3S	2.16	0.49	1.058	124.777
		9S	4.37	0.512	2.237	87.926
		3SP	2.024	0.830	1.680	66.017
Tratamiento N°2	Repetición N° 1	3P	0.574	1.142	0.655	77.235
		3P	0.555	1.153	0.640	75.396
		3P	0.565	1.196	0.676	79.712
		9P	0.446	2.934	1.307	51.372
		3PS	0.768	1.062	0.815	32.038
	Repetición N° 2	3P	0.588	1.090	0.641	75.603
		3P	0.585	1.123	0.657	77.450
		3P	0.570	1.045	0.596	70.264
		9P	0.464	2.627	1.220	47.924
		3PS	0.808	0.978	0.790	31.041
	Repetición N° 3	3P	0.290	1.177	0.341	40.240
		3P	0.551	1.189	0.655	77.189
		3P	0.575	1.266	0.728	85.870
		9P	0.349	3.053	1.065	41.871
		3PS	0.478	1.095	0.523	20.569
Fecha:		10/04/2022		Hora:		14:00 horas
Tratamiento	Repetición	Configuración	Niveles de Voltaje (V)	Intensidad de Corriente (mA)	Potencia Eléctrica (mW)	Densidad de Potencia Eléctrica (mW/m ²)
Tratamiento N°1	Repetición N° 1	3S	2.272	0.491	1.116	131.515
		3S	2.245	0.478	1.073	126.512
		3S	2.305	0.459	1.058	124.730
		9S	4.475	0.492	2.202	86.521
		3SP	2.274	0.852	1.937	76.137
	Repetición N° 2	3S	2.101	0.484	1.017	119.883
		3S	2.181	0.491	1.071	126.248
		3S	2.215	0.506	1.121	132.133
		9S	4.29	0.512	2.196	86.316
		3SP	2.166	0.904	1.958	76.935
	Repetición N° 3	3S	2.278	0.495	1.128	132.937
		3S	2.344	0.515	1.207	142.315
		3S	2.175	0.493	1.072	126.413
		9S	4.589	0.512	2.350	92.332
		3SP	2.266	0.943	2.137	83.960
Tratamiento N°2	Repetición N° 1	3P	0.520	1.102	0.573	67.600
		3P	0.509	0.984	0.501	59.047
		3P	0.516	1.034	0.534	62.941

FICHA DE REGISTRO DE MAGNITUDES ELÉCTRICAS EN CIRCUITO ABIERTO							
		9P	0.419	2.471	1.036	40.708	
		3PS	0.588	0.949	0.558	21.916	
	Repetición N° 2	3P	0.520	1.157	0.601	70.883	
		3P	0.525	1.163	0.610	71.937	
		3P	0.528	1.074	0.567	66.854	
		9P	0.406	2.810	1.141	44.845	
		3PS	0.625	1.036	0.648	25.459	
	Repetición N° 3	3P	0.225	0.974	0.219	25.836	
		3P	0.511	1.086	0.555	65.467	
		3P	0.507	1.124	0.569	67.139	
		9P	0.308	2.641	0.814	32.000	
		3PS	0.297	0.959	0.285	11.193	
	Fecha:		10/04/2022		Hora:		20:00 horas
	Tratamiento	Repetición	Configuración	Niveles de Voltaje (V)	Intensidad de Corriente (mA)	Potencia Eléctrica (mW)	Densidad de Potencia Eléctrica (mW/m ²)
Tratamiento N°1	Repetición N° 1	3S	2.701	0.552	1.491	175.772	
		3S	2.664	0.525	1.399	164.885	
		3S	2.671	0.497	1.327	156.501	
		9S	5.533	0.54	2.988	117.414	
		3SP	2.679	0.894	2.395	94.107	
	Repetición N° 2	3S	2.479	0.547	1.356	159.864	
		3S	2.489	0.546	1.359	160.215	
		3S	2.572	0.543	1.397	164.648	
		9S	5.021	0.574	2.882	113.258	
	Repetición N° 3	3SP	2.513	1.035	2.601	102.225	
		3S	2.597	0.545	1.415	166.861	
		3S	2.645	0.545	1.442	169.945	
		3S	2.52	0.552	1.391	163.993	
		9S	5.296	0.577	3.056	120.085	
Tratamiento N°2	Repetición N° 1	3SP	2.587	0.945	2.445	96.084	
		3P	0.720	1.145	0.824	97.146	
		3P	0.710	1.266	0.898	105.919	
		3P	0.713	1.267	0.904	106.551	
		9P	0.596	3.164	1.886	74.133	
	Repetición N° 2	3PS	1.245	1.125	1.400	55.026	
		3P	0.735	1.224	0.900	106.061	
		3P	0.730	1.190	0.869	102.413	
		3P	0.722	1.236	0.892	105.206	
		9P	0.620	3.035	1.882	73.946	
	Repetición N° 3	3PS	1.308	1.113	1.456	57.209	
		3P	0.719	1.225	0.880	103.789	
		3P	0.701	1.279	0.897	105.700	
		3P	0.714	1.219	0.870	102.562	
9P		0.595	3.145	1.872	73.550		
		3PS	1.261	1.139	1.437	56.457	

FICHA DE REGISTRO DE MAGNITUDES ELÉCTRICAS EN CIRCUITO ABIERTO							
Fecha:		11/04/2022		Hora:		08:00 horas	
Tratamiento	Repetición	Configuración	Niveles de Voltaje (V)	Intensidad de Corriente (mA)	Potencia Eléctrica (mW)	Densidad de Potencia Eléctrica (mW/m ²)	
Tratamiento N°1	Repetición N° 1	3S	2.56	0.538	1.377	162.371	
		3S	2.411	0.495	1.193	140.698	
		3S	2.341	0.458	1.072	126.402	
		9S	4.913	0.515	2.530	99.430	
		3SP	2.239	0.853	1.910	75.064	
	Repetición N° 2	3S	2.295	0.471	1.081	127.435	
		3S	2.591	0.478	1.238	146.010	
		3S	2.63	0.55	1.447	170.532	
		9S	5.109	0.51	2.606	102.393	
	Repetición N° 3	3SP	2.307	0.978	2.257	88.678	
		3S	2.383	0.491	1.170	137.941	
		3S	2.447	0.526	1.287	151.742	
		3S	2.392	0.543	1.299	153.125	
	Tratamiento N°2	Repetición N° 1	9S	4.944	0.542	2.680	105.304
			3SP	2.198	0.883	1.941	76.282
3P			0.578	1.225	0.708	83.474	
3P			0.570	1.101	0.628	74.029	
3P			0.579	1.190	0.689	81.229	
Repetición N° 2		9P	0.454	3.011	1.366	53.693	
		3PS	0.778	1.059	0.824	32.391	
		3P	0.582	1.231	0.716	84.463	
		3P	0.561	1.156	0.649	76.455	
Repetición N° 3		3P	0.570	1.144	0.652	76.875	
		9P	0.453	2.887	1.308	51.394	
		3PS	0.808	1.085	0.877	34.451	
		3P	0.296	1.291	0.382	45.051	
		3P	0.573	1.219	0.698	82.299	
		3P	0.558	1.158	0.647	76.223	
Repetición N° 3	9P	0.355	3.040	1.078	42.370		
	3PS	0.508	1.133	0.576	22.618		
	3PS	0.508	1.133	0.576	22.618		
Fecha:		11/04/2022		Hora:		14:00 horas	
Tratamiento	Repetición	Configuración	Niveles de Voltaje (V)	Intensidad de Corriente (mA)	Potencia Eléctrica (mW)	Densidad de Potencia Eléctrica (mW/m ²)	
Tratamiento N°1	Repetición N° 1	3S	2.517	0.528	1.329	156.676	
		3S	2.386	0.492	1.174	138.395	
		3S	2.368	0.46	1.089	128.418	
		9S	4.829	0.504	2.434	95.643	
		3SP	2.424	0.847	2.053	80.672	
	Repetición N° 2	3S	2.353	0.48	1.129	133.153	
		3S	2.523	0.457	1.153	135.931	
		3S	2.61	0.537	1.402	165.235	
		9S	5.098	0.505	2.574	101.171	
	Repetición N° 3	3SP	2.495	0.885	2.208	86.783	
		3S	2.328	0.485	1.129	133.110	
		3S	2.367	0.497	1.176	138.689	
		3S	2.376	0.53	1.259	148.460	
		9S	4.54	0.514	2.334	91.703	
		3SP	2.357	0.862	2.032	79.842	
Tratamiento N°2	Repetición N° 1	3P	0.525	1.171	0.615	72.523	
		3P	0.504	1.201	0.605	71.361	
		3P	0.511	1.206	0.616	72.606	

FICHA DE REGISTRO DE MAGNITUDES ELÉCTRICAS EN CIRCUITO ABIERTO							
		9P	0.406	2.928	1.190	46.754	
		3PS	0.577	1.102	0.636	24.987	
	Repetición N° 2	3P	0.511	1.097	0.561	66.130	
		3P	0.498	1.152	0.574	67.680	
		3P	0.511	1.154	0.589	69.475	
		9P	0.406	2.856	1.159	45.542	
		3PS	0.561	1.040	0.584	22.941	
		3P	0.247	1.119	0.277	32.629	
	Repetición N° 3	3P	0.510	1.103	0.562	66.275	
		3P	0.494	1.100	0.543	64.063	
		9P	0.308	2.718	0.837	32.898	
		3PS	0.288	1.003	0.289	11.352	
	Fecha:		11/04/2022		Hora:		20:00 horas
	Tratamiento	Repetición	Configuración	Niveles de Voltaje (V)	Intensidad de Corriente (mA)	Potencia Eléctrica (mW)	Densidad de Potencia Eléctrica (mW/m ²)
Tratamiento N°1	Repetición N° 1	3S	2.849	0.589	1.678	197.831	
		3S	2.722	0.531	1.445	170.400	
		3S	2.677	0.498	1.333	157.168	
		9S	5.683	0.568	3.228	126.850	
		3SP	2.749	1.012	2.782	109.338	
	Repetición N° 2	3S	2.714	0.531	1.441	169.899	
		3S	2.927	0.511	1.496	176.332	
		3S	2.926	0.589	1.723	203.178	
		9S	5.871	0.569	3.341	131.277	
	Repetición N° 3	3SP	2.856	0.995	2.841	111.660	
		3S	2.742	0.545	1.494	176.177	
		3S	2.786	0.563	1.569	184.917	
		3S	2.734	0.568	1.553	183.077	
		9S	5.523	0.58	3.203	125.883	
Tratamiento N°2	Repetición N° 1	3SP	2.754	1.024	2.820	110.823	
		3P	0.715	1.389	0.993	117.029	
		3P	0.705	1.281	0.903	106.419	
		3P	0.719	1.286	0.925	109.058	
		9P	0.595	3.395	2.020	79.367	
	Repetición N° 2	3PS	1.234	1.220	1.505	59.146	
		3P	0.717	1.292	0.926	109.161	
		3P	0.700	1.238	0.867	102.166	
		3P	0.727	1.194	0.868	102.288	
		9P	0.600	3.155	1.894	74.445	
	Repetición N° 3	3PS	1.265	1.144	1.448	56.885	
		3P	0.711	1.325	0.942	111.012	
		3P	0.720	1.343	0.967	114.050	
		3P	0.705	1.209	0.853	100.533	
		9P	0.601	3.259	1.959	76.985	
		3PS	1.229	1.182	1.453	57.102	

FICHA DE REGISTRO DE MAGNITUDES ELÉCTRICAS EN CIRCUITO ABIERTO							
Fecha:		12/04/2022		Hora:		08:00 horas	
Tratamiento	Repetición	Configuración	Niveles de Voltaje (V)	Intensidad de Corriente (mA)	Potencia Eléctrica (mW)	Densidad de Potencia Eléctrica (mW/m²)	
Tratamiento N°1	Repetición N° 1	3S	2.508	0.536	1.344	158.482	
		3S	2.321	0.53	1.230	145.023	
		3S	2.44	0.501	1.222	144.117	
		9S	4.854	0.547	2.655	104.340	
		3SP	2.219	0.947	2.101	82.580	
	Repetición N° 2	3S	2.365	0.534	1.263	148.888	
		3S	2.275	0.534	1.215	143.222	
		3S	2.543	0.528	1.343	158.295	
		9S	4.825	0.562	2.712	106.561	
	Repetición N° 3	3SP	2.186	0.959	2.097	82.395	
		3S	2.386	0.504	1.203	141.771	
		3S	2.542	0.549	1.396	164.526	
		3S	2.392	0.486	1.163	137.052	
	Tratamiento N°2	Repetición N° 1	9S	4.936	0.535	2.641	103.775
			3SP	2.230	0.881	1.965	77.205
3P			0.554	1.265	0.700	82.571	
3P			0.558	1.320	0.736	86.783	
3P			0.572	1.293	0.740	87.193	
Repetición N° 2		9P	0.447	3.244	1.450	56.998	
		3PS	0.762	1.184	0.903	35.470	
		3P	0.577	1.383	0.798	94.077	
		3P	0.584	1.355	0.792	93.344	
Repetición N° 3		3P	0.566	1.245	0.705	83.075	
		9P	0.463	3.436	1.590	62.487	
		3PS	0.794	1.234	0.980	38.520	
		3P	0.295	1.223	0.360	42.486	
		3P	0.558	1.306	0.728	85.863	
		3P	0.568	1.240	0.705	83.083	
Repetición N° 3	9P	0.359	3.177	1.139	44.765		
	3PS	0.506	1.145	0.579	22.753		
	3PS	0.506	1.145	0.579	22.753		
Fecha:		12/04/2022		Hora:		14:00 horas	
Tratamiento	Repetición	Configuración	Niveles de Voltaje (V)	Intensidad de Corriente (mA)	Potencia Eléctrica (mW)	Densidad de Potencia Eléctrica (mW/m²)	
Tratamiento N°1	Repetición N° 1	3S	2.522	0.541	1.364	160.853	
		3S	2.323	0.528	1.227	144.600	
		3S	2.488	0.502	1.249	147.245	
		9S	4.748	0.542	2.573	101.129	
		3SP	2.444	0.926	2.263	88.948	
	Repetición N° 2	3S	2.32	0.513	1.190	140.311	
		3S	2.169	0.496	1.076	126.832	
		3S	2.517	0.517	1.301	153.412	
		9S	4.588	0.521	2.390	93.935	
	Repetición N° 3	3SP	2.335	0.880	2.055	80.760	
		3S	2.348	0.497	1.167	137.575	
		3S	2.55	0.556	1.418	167.148	
		3S	2.465	0.518	1.277	150.533	
		9S	5.089	0.534	2.718	106.792	
	Tratamiento N°2	Repetición N° 1	3SP	2.454	0.963	2.364	92.881
3P			0.503	1.171	0.589	69.486	
3P			0.523	1.257	0.658	77.553	
3P	0.521	1.206	0.628	74.028			

FICHA DE REGISTRO DE MAGNITUDES ELÉCTRICAS EN CIRCUITO ABIERTO								
	Repetición N° 2	9P	0.407	2.992	1.217	47.828		
		3PS	0.587	1.086	0.638	25.066		
		3P	0.517	1.354	0.700	82.474		
		3P	0.517	1.301	0.673	79.348		
		3P	0.520	1.153	0.600	70.729		
		9P	0.403	3.158	1.273	50.027		
	Repetición N° 3	3PS	0.593	1.178	0.699	27.467		
		3P	0.233	1.235	0.288	33.924		
		3P	0.511	1.188	0.607	71.522		
		3P	0.493	1.167	0.575	67.781		
		9P	0.308	3.088	0.951	37.390		
		3PS	0.288	1.074	0.310	12.169		
		Fecha:		12/04/2022		Hora:		20:00 horas
		Tratamiento	Repetición	Configuración	Niveles de Voltaje (V)	Intensidad de Corriente (mA)	Potencia Eléctrica (mW)	Densidad de Potencia Eléctrica (mW/m ²)
Tratamiento N°1	Repetición N° 1	3S	2.849	0.575	1.638	189.129		
		3S	2.722	0.584	1.590	185.204		
		3S	2.677	0.538	1.440	178.354		
		9S	5.683	0.583	3.313	132.125		
		3SP	2.749	1.078	2.964	117.091		
	Repetición N° 2	3S	2.714	0.58	1.574	185.987		
		3S	2.927	0.564	1.651	170.683		
		3S	2.926	0.567	1.659	192.380		
		9S	5.871	0.589	3.458	132.952		
		3SP	2.856	0.923	2.636	98.719		
	Repetición N° 3	3S	2.742	0.559	1.533	182.614		
		3S	2.786	0.597	1.663	203.967		
		3S	2.734	0.56	1.531	186.044		
		9S	5.523	0.6	3.314	136.307		
3SP		2.754	0.963	2.652	107.059			
Tratamiento N°2	Repetición N° 1	3P	0.690	1.488	1.027	121.101		
		3P	0.708	1.414	1.001	118.024		
		3P	0.710	1.540	1.093	128.904		
		9P	0.591	3.877	2.290	90.009		
		3PS	1.230	1.380	1.698	66.722		
	Repetición N° 2	3P	0.714	1.421	1.015	119.613		
		3P	0.717	1.388	0.995	117.272		
		3P	0.705	1.289	0.908	107.084		
		9P	0.601	3.567	2.143	84.214		
		3PS	1.232	1.267	1.561	61.358		
	Repetición N° 3	3P	0.704	1.349	0.950	111.962		
		3P	0.704	1.400	0.985	116.140		
		3P	0.715	1.324	0.946	111.552		
		9P	0.595	3.438	2.047	80.447		
3PS		1.217	1.254	1.527	59.989			

FICHA DE REGISTRO DE MAGNITUDES ELÉCTRICAS EN CIRCUITO ABIERTO							
Fecha:		13/04/2022		Hora:		08:00 horas	
Tratamiento	Repetición	Configuración	Niveles de Voltaje (V)	Intensidad de Corriente (mA)	Potencia Eléctrica (mW)	Densidad de Potencia Eléctrica (mW/m ²)	
Tratamiento N°1	Repetición N° 1	3S	2.646	0.57	1.508	177.808	
		3S	2.455	0.532	1.306	153.975	
		3S	2.486	0.525	1.305	153.867	
		9S	5.289	0.559	2.957	116.185	
		3SP	2.331	0.870	2.028	79.694	
	Repetición N° 2	3S	2.373	0.532	1.262	148.832	
		3S	2.496	0.533	1.330	156.840	
		3S	2.486	0.528	1.313	154.747	
		9S	4.793	0.543	2.603	102.276	
	Repetición N° 3	3SP	2.248	0.940	2.113	83.028	
		3S	2.566	0.519	1.332	157.004	
		3S	2.486	0.563	1.400	165.005	
		3S	2.521	0.51	1.286	151.576	
	Tratamiento N°2	Repetición N° 1	9S	4.986	0.553	2.757	108.353
			3SP	2.326	0.961	2.236	87.854
3P			0.708	1.425	1.009	118.942	
3P			0.732	1.376	1.007	118.691	
3P			0.733	1.380	1.012	119.253	
Repetición N° 2		9P	0.598	3.583	2.143	84.231	
		3PS	1.262	1.278	1.612	63.364	
		3P	0.716	1.353	0.969	114.261	
		3P	0.691	1.280	0.884	104.223	
Repetición N° 3		3P	0.714	1.183	0.845	99.579	
		9P	0.583	3.261	1.901	74.711	
		3PS	1.214	1.171	1.422	55.865	
		3P	0.413	1.227	0.506	59.694	
		3P	0.719	1.253	0.900	106.161	
		3P	0.730	1.441	1.052	124.071	
Repetición N° 3	9P	0.505	3.415	1.723	67.712		
	3PS	0.938	1.184	1.110	43.628		
	3PS	0.938	1.184	1.110	43.628		
Fecha:		13/04/2022		Hora:		14:00 horas	
Tratamiento	Repetición	Configuración	Niveles de Voltaje (V)	Intensidad de Corriente (mA)	Potencia Eléctrica (mW)	Densidad de Potencia Eléctrica (mW/m ²)	
Tratamiento N°1	Repetición N° 1	3S	2.682	0.598	1.604	189.080	
		3S	2.463	0.532	1.310	154.476	
		3S	2.431	0.503	1.223	144.158	
		9S	5.137	0.558	2.866	112.644	
		3SP	2.525	0.971	2.452	96.361	
	Repetición N° 2	3S	2.274	0.489	1.112	131.095	
		3S	2.465	0.522	1.287	151.696	
		3S	2.492	0.514	1.281	151.007	
		9S	4.828	0.527	2.544	99.987	
	Repetición N° 3	3SP	2.410	0.848	2.044	80.323	
		3S	2.501	0.482	1.205	142.117	
		3S	2.448	0.554	1.356	159.885	
		3S	2.42	0.486	1.176	138.656	
		9S	5.054	0.527	2.663	104.667	
	Repetición N° 3	3SP	2.456	0.877	2.154	84.655	
3P		0.638	1.343	0.856	100.962		
3P		0.681	1.343	0.914	107.770		
Tratamiento N°2	Repetición N° 1	3P	0.694	1.375	0.955	112.553	
		3P	0.694	1.375	0.955	112.553	

FICHA DE REGISTRO DE MAGNITUDES ELÉCTRICAS EN CIRCUITO ABIERTO							
		9P	0.569	3.543	2.016	79.207	
		3PS	1.073	1.228	1.317	51.764	
	Repetición N° 2	3P	0.652	1.320	0.861	101.463	
		3P	0.650	1.202	0.781	92.062	
		3P	0.673	1.268	0.853	100.605	
		9P	0.550	3.226	1.775	69.754	
		3PS	1.028	1.164	1.196	47.008	
		3P	0.339	1.096	0.371	43.759	
	Repetición N° 3	3P	0.655	1.203	0.788	92.895	
		3P	0.680	1.397	0.950	111.993	
		9P	0.457	3.068	1.402	55.085	
		3PS	0.713	1.114	0.794	31.199	
		Fecha:		13/04/2022		Hora:	
	Tratamiento	Repetición	Configuración	Niveles de Voltaje (V)	Intensidad de Corriente (mA)	Potencia Eléctrica (mW)	Densidad de Potencia Eléctrica (mW/m ²)
Tratamiento N°1	Repetición N° 1	3S	2.975	0.612	1.821	214.647	
		3S	2.836	0.577	1.636	192.916	
		3S	2.821	0.581	1.639	193.226	
		9S	6.217	0.609	3.786	148.786	
		3SP	2.877	0.944	2.716	106.740	
	Repetición N° 2	3S	2.691	0.564	1.518	178.928	
		3S	2.849	0.574	1.635	192.793	
		3S	2.829	0.562	1.590	187.437	
		9S	5.861	0.59	3.458	135.890	
		3SP	2.790	0.939	2.619	102.940	
	Repetición N° 3	3S	2.906	0.571	1.659	195.622	
		3S	2.831	0.613	1.735	204.591	
		3S	2.837	0.557	1.580	186.295	
		9S	6.049	0.61	3.690	145.004	
3SP		2.858	1.048	2.995	117.703		
Tratamiento N°2	Repetición N° 1	3P	0.845	1.409	1.191	140.419	
		3P	0.880	1.598	1.407	165.848	
		3P	0.888	1.413	1.255	147.980	
		9P	0.762	3.895	2.969	116.686	
		3PS	1.697	1.350	2.291	90.029	
	Repetición N° 2	3P	0.854	1.458	1.245	146.792	
		3P	0.826	1.473	1.216	143.382	
		3P	0.860	1.322	1.136	133.982	
		9P	0.742	3.641	2.703	106.231	
		3PS	1.631	1.294	2.111	82.955	
	Repetición N° 3	3P	0.880	1.370	1.206	142.131	
		3P	0.855	1.388	1.187	139.962	
		3P	0.857	1.454	1.246	146.846	
		9P	0.756	3.662	2.768	108.794	
3PS		1.720	1.286	2.212	86.923		

FICHA DE REGISTRO DE MAGNITUDES ELÉCTRICAS EN CIRCUITO ABIERTO						
Fecha:		14/04/2022		Hora:		08:00 horas
Tratamiento	Repetición	Configuración	Niveles de Voltaje (V)	Intensidad de Corriente (mA)	Potencia Eléctrica (mW)	Densidad de Potencia Eléctrica (mW/m ²)
Tratamiento N°1	Repetición N° 1	3S	2.428	0.559	1.357	160.010
		3S	2.591	0.599	1.552	182.970
		3S	2.474	0.564	1.395	164.500
		9S	5.063	0.597	3.023	118.781
		3SP	2.288	0.957	2.189	86.034
	Repetición N° 2	3S	2.364	0.56	1.324	156.071
		3S	2.629	0.571	1.501	176.975
		3S	2.454	0.567	1.391	164.038
		9S	5.192	0.583	3.027	118.951
		3SP	2.277	0.956	2.177	85.556
	Repetición N° 3	3S	2.438	0.559	1.363	160.669
		3S	2.54	0.574	1.458	171.883
		3S	2.441	0.531	1.296	152.809
		9S	4.909	0.583	2.862	112.467
		3SP	2.273	1.029	2.339	91.914
Tratamiento N°2	Repetición N° 1	3P	0.789	1.451	1.145	134.968
		3P	0.789	1.262	0.996	117.437
		3P	0.778	1.283	0.998	117.677
		9P	0.669	3.445	2.306	90.629
		3PS	1.417	1.236	1.752	68.842
	Repetición N° 2	3P	0.765	1.304	0.998	117.605
		3P	0.792	1.413	1.119	131.933
		3P	0.781	1.454	1.135	133.819
		9P	0.656	3.644	2.391	93.971
		3PS	1.394	1.296	1.806	70.979
	Repetición N° 3	3P	0.450	1.380	0.621	73.157
		3P	0.793	1.294	1.026	120.974
		3P	0.775	1.225	0.950	111.972
		9P	0.557	3.286	1.829	71.883
		3PS	1.087	1.188	1.291	50.747
Fecha:		14/04/2022		Hora:		14:00 horas
Tratamiento	Repetición	Configuración	Niveles de Voltaje (V)	Intensidad de Corriente (mA)	Potencia Eléctrica (mW)	Densidad de Potencia Eléctrica (mW/m ²)
Tratamiento N°1	Repetición N° 1	3S	2.412	0.544	1.312	154.690
		3S	2.551	0.578	1.474	173.830
		3S	2.401	0.528	1.268	149.456
		9S	4.882	0.561	2.739	107.628
		3SP	2.455	0.902	2.214	87.009
	Repetición N° 2	3S	2.368	0.571	1.352	159.406
		3S	2.607	0.571	1.489	175.494
		3S	2.453	0.563	1.381	162.814
		9S	5.099	0.586	2.988	117.422
		3SP	2.476	0.946	2.342	92.046
	Repetición N° 3	3S	2.314	0.532	1.231	145.131
		3S	2.626	0.607	1.594	187.919
		3S	2.412	0.516	1.245	146.728
		9S	5.088	0.569	2.895	113.769
		3SP	2.451	0.878	2.152	84.556
Tratamiento N°2	Repetición N° 1	3P	0.724	1.333	0.965	113.777
		3P	0.739	1.226	0.906	106.764
		3P	0.733	1.261	0.925	109.019

FICHA DE REGISTRO DE MAGNITUDES ELÉCTRICAS EN CIRCUITO ABIERTO							
		9P	0.614	3.231	1.984	77.960	
		3PS	1.233	1.153	1.422	55.867	
	Repetición N° 2	3P	0.725	1.369	0.992	116.958	
		3P	0.723	1.390	1.005	118.533	
		3P	0.745	1.410	1.050	123.840	
		9P	0.622	3.526	2.193	86.186	
		3PS	1.224	1.296	1.586	62.338	
	Repetición N° 3	3P	0.383	1.379	0.529	62.320	
		3P	0.734	1.222	0.897	105.743	
		3P	0.730	1.151	0.840	99.012	
		9P	0.512	3.128	1.600	62.895	
		3PS	0.905	1.141	1.033	40.579	
	Fecha:		14/04/2022		Hora:		20:00 horas
	Tratamiento	Repetición	Configuración	Niveles de Voltaje (V)	Intensidad de Corriente (mA)	Potencia Eléctrica (mW)	Densidad de Potencia Eléctrica (mW/m ²)
Tratamiento N°1	Repetición N° 1	3S	2.787	0.589	1.642	193.526	
		3S	2.902	0.627	1.820	214.512	
		3S	2.816	0.607	1.709	201.515	
		9S	5.715	0.64	3.658	143.735	
		3SP	2.835	1.114	3.158	124.109	
	Repetición N° 2	3S	2.73	0.609	1.663	196.005	
		3S	2.931	0.603	1.767	208.362	
		3S	2.828	0.622	1.759	207.375	
		9S	5.745	0.637	3.660	143.812	
	Repetición N° 3	3SP	2.830	1.123	3.178	124.876	
		3S	2.759	0.602	1.661	195.810	
		3S	2.913	0.625	1.821	214.638	
		3S	2.858	0.586	1.675	197.445	
		9S	5.861	0.623	3.651	143.491	
Tratamiento N°2	Repetición N° 1	3SP	2.843	0.998	2.838	111.512	
		3P	0.933	1.433	1.337	157.621	
		3P	0.939	1.351	1.269	149.557	
		3P	0.930	1.457	1.355	159.803	
		9P	0.831	3.660	3.042	119.538	
	Repetición N° 2	3PS	1.882	1.295	2.438	95.792	
		3P	0.917	1.443	1.323	155.999	
		3P	0.929	1.530	1.421	167.569	
		3P	0.937	1.552	1.454	171.442	
		9P	0.814	3.899	3.172	124.671	
	Repetición N° 3	3PS	1.882	1.392	2.620	102.949	
		3P	0.935	1.477	1.381	162.751	
		3P	0.951	1.365	1.298	153.038	
		3P	0.933	1.351	1.261	148.655	
9P		0.838	3.680	3.083	121.139		
		3PS	1.905	1.270	2.419	95.074	

FICHA DE REGISTRO DE MAGNITUDES ELÉCTRICAS EN CIRCUITO ABIERTO						
Fecha:		15/04/2022		Hora:		08:00 horas
Tratamiento	Repetición	Configuración	Niveles de Voltaje (V)	Intensidad de Corriente (mA)	Potencia Eléctrica (mW)	Densidad de Potencia Eléctrica (mW/m ²)
Tratamiento N°1	Repetición N° 1	3S	2.586	0.574	1.484	174.995
		3S	2.575	0.573	1.475	173.948
		3S	2.462	0.562	1.384	163.121
		9S	5.136	0.593	3.046	119.686
		3SP	2.336	0.924	2.158	84.822
	Repetición N° 2	3S	2.394	0.548	1.312	154.665
		3S	2.535	0.595	1.508	177.820
		3S	2.659	0.592	1.574	185.578
		9S	5.27	0.601	3.167	124.466
		3SP	2.325	0.925	2.151	84.526
	Repetición N° 3	3S	2.439	0.568	1.385	163.323
		3S	2.487	0.578	1.437	169.469
		3S	2.512	0.567	1.424	167.915
		9S	5.182	0.593	3.073	120.758
		3SP	2.281	0.895	2.042	80.237
Tratamiento N°2	Repetición N° 1	3P	0.785	1.509	1.185	139.711
		3P	0.797	1.514	1.207	142.315
		3P	0.809	1.518	1.228	144.720
		9P	0.685	3.927	2.690	105.727
		3PS	1.482	1.385	2.053	80.679
	Repetición N° 2	3P	0.815	1.438	1.172	138.167
		3P	0.813	1.489	1.211	142.716
		3P	0.790	1.366	1.079	127.223
		9P	0.680	3.687	2.507	98.525
		3PS	1.487	1.325	1.970	77.427
	Repetición N° 3	3P	0.433	1.479	0.641	75.557
		3P	0.808	1.590	1.285	151.521
		3P	0.772	1.468	1.134	133.665
		9P	0.547	4.037	2.210	86.831
		3PS	1.102	1.396	1.538	60.455
Fecha:		15/04/2022		Hora:		14:00 horas
Tratamiento	Repetición	Configuración	Niveles de Voltaje (V)	Intensidad de Corriente (mA)	Potencia Eléctrica (mW)	Densidad de Potencia Eléctrica (mW/m ²)
Tratamiento N°1	Repetición N° 1	3S	2.631	0.575	1.513	178.351
		3S	2.527	0.568	1.435	169.215
		3S	2.437	0.569	1.387	163.476
		9S	5.191	0.589	3.057	120.152
		3SP	2.532	0.912	2.309	90.733
	Repetición N° 2	3S	2.48	0.58	1.438	169.577
		3S	2.45	0.56	1.372	161.749
		3S	2.608	0.564	1.471	173.410
		9S	5.188	0.581	3.014	118.452
		3SP	2.513	0.915	2.299	90.349
	Repetición N° 3	3S	2.426	0.554	1.344	158.448
		3S	2.467	0.567	1.399	164.907
		3S	2.491	0.551	1.373	161.812
		9S	5.159	0.568	2.930	115.154
		3SP	2.461	0.918	2.260	88.793
Tratamiento N°2	Repetición N° 1	3P	0.730	1.373	1.003	118.216
		3P	0.742	1.548	1.148	135.352
		3P	0.734	1.385	1.016	119.794

FICHA DE REGISTRO DE MAGNITUDES ELÉCTRICAS EN CIRCUITO ABIERTO							
		9P	0.636	3.733	2.375	93.332	
		3PS	1.262	1.340	1.691	66.438	
	Repetición N° 2	3P	0.752	1.413	1.062	125.214	
		3P	0.737	1.391	1.025	120.805	
		3P	0.736	1.323	0.973	114.743	
		9P	0.642	3.507	2.253	88.524	
		3PS	1.257	1.286	1.617	63.525	
	Repetición N° 3	3P	0.381	1.367	0.521	61.402	
		3P	0.739	1.363	1.007	118.748	
		3P	0.721	1.385	0.999	117.780	
		9P	0.508	3.579	1.817	71.417	
		3PS	0.883	1.260	1.113	43.738	
	Fecha:		15/04/2022		Hora:		20:00 horas
	Tratamiento	Repetición	Configuración	Niveles de Voltaje (V)	Intensidad de Corriente (mA)	Potencia Eléctrica (mW)	Densidad de Potencia Eléctrica (mW/m ²)
Tratamiento N°1	Repetición N° 1	3S	2.921	0.602	1.758	207.307	
		3S	2.882	0.616	1.775	209.296	
		3S	2.849	0.626	1.783	210.258	
		9S	6.225	0.648	4.034	158.518	
		3SP	2.884	0.964	2.780	109.254	
	Repetición N° 2	3S	2.801	0.621	1.739	205.065	
		3S	2.811	0.633	1.779	209.774	
		3S	2.966	0.618	1.833	216.096	
		9S	6.055	0.65	3.936	154.665	
		3SP	2.859	1.056	3.019	118.657	
	Repetición N° 3	3S	2.797	0.605	1.692	199.496	
		3S	2.849	0.617	1.758	207.235	
		3S	2.801	0.607	1.700	200.442	
		9S	5.968	0.637	3.802	149.394	
3SP		2.816	1.110	3.125	122.820		
Tratamiento N°2	Repetición N° 1	3P	0.933	1.659	1.548	182.545	
		3P	0.923	1.581	1.460	172.098	
		3P	0.952	1.675	1.595	188.057	
		9P	0.841	4.310	3.626	142.499	
		3PS	1.911	1.513	2.891	113.623	
	Repetición N° 2	3P	0.956	1.585	1.515	178.638	
		3P	0.951	1.533	1.458	171.874	
		3P	0.921	1.601	1.474	173.772	
		9P	0.848	4.162	3.528	138.623	
		3PS	1.908	1.445	2.757	108.327	
	Repetición N° 3	3P	0.918	1.521	1.397	164.671	
		3P	0.937	1.565	1.466	172.878	
		3P	0.927	1.646	1.525	179.821	
		9P	0.821	4.213	3.460	135.980	
3PS		1.875	1.458	2.734	107.430		

FICHA DE REGISTRO DE MAGNITUDES ELÉCTRICAS EN CIRCUITO ABIERTO							
Fecha:		16/04/2022		Hora:		08:00 horas	
Tratamiento	Repetición	Configuración	Niveles de Voltaje (V)	Intensidad de Corriente (mA)	Potencia Eléctrica (mW)	Densidad de Potencia Eléctrica (mW/m ²)	
Tratamiento N°1	Repetición N° 1	3S	2.526	0.596	1.505	177.487	
		3S	2.556	0.59	1.508	177.787	
		3S	2.504	0.6	1.502	177.122	
		9S	5.092	0.621	3.162	124.264	
		3SP	2.320	1.091	2.531	99.452	
	Repetición N° 2	3S	2.45	0.603	1.477	174.169	
		3S	2.645	0.6	1.587	187.095	
		3S	2.574	0.614	1.580	186.322	
		9S	5.155	0.629	3.242	127.422	
	Repetición N° 3	3SP	2.351	1.003	2.358	92.679	
		3S	2.578	0.599	1.544	182.052	
		3S	2.532	0.615	1.557	183.580	
		3S	2.518	0.597	1.503	177.222	
	Tratamiento N°2	Repetición N° 1	9S	5.412	0.618	3.345	131.435
			3SP	2.336	0.979	2.287	89.858
3P			0.799	1.426	1.139	134.324	
3P			0.798	1.445	1.153	135.886	
3P			0.782	1.356	1.060	125.012	
Repetición N° 2		9P	0.678	3.615	2.451	96.301	
		3PS	1.472	1.287	1.894	74.431	
		3P	0.789	1.487	1.174	138.375	
		3P	0.798	1.338	1.068	125.929	
Repetición N° 3		3P	0.794	1.372	1.089	128.374	
		9P	0.673	3.651	2.456	96.527	
		3PS	1.452	1.294	1.879	73.853	
		3P	0.438	1.373	0.602	70.951	
		3P	0.790	1.546	1.222	144.048	
Repetición N° 3		3P	0.784	1.528	1.198	141.230	
	9P	0.546	3.810	2.080	81.732		
	3PS	1.080	1.388	1.499	58.890		
	Fecha:		16/04/2022		Hora:		14:00 horas
	Tratamiento	Repetición	Configuración	Niveles de Voltaje (V)	Intensidad de Corriente (mA)	Potencia Eléctrica (mW)	Densidad de Potencia Eléctrica (mW/m ²)
Tratamiento N°1	Repetición N° 1	3S	2.461	0.573	1.410	166.247	
		3S	2.529	0.584	1.477	174.120	
		3S	2.554	0.623	1.591	187.584	
		9S	5.038	0.608	3.063	120.372	
		3SP	2.515	1.039	2.613	102.674	
	Repetición N° 2	3S	2.538	0.627	1.591	187.605	
		3S	2.539	0.576	1.462	172.414	
		3S	2.48	0.591	1.466	172.793	
		9S	4.965	0.616	3.058	120.189	
	Repetición N° 3	3SP	2.519	1.031	2.597	102.059	
		3S	2.483	0.57	1.415	166.855	
		3S	2.472	0.581	1.436	169.321	
		3S	2.527	0.608	1.536	181.132	
		9S	5.258	0.602	3.165	124.389	
	Tratamiento N°2	Repetición N° 1	3SP	2.494	0.999	2.492	97.910
3P			0.733	1.234	0.905	106.636	
3P			0.738	1.237	0.912	107.576	
		3P	0.730	1.253	0.914	107.786	

FICHA DE REGISTRO DE MAGNITUDES ELÉCTRICAS EN CIRCUITO ABIERTO							
		9P	0.624	3.220	2.011	79.016	
		3PS	1.243	1.126	1.400	55.016	
	Repetición N° 2	3P	0.735	1.449	1.065	125.500	
		3P	0.725	1.263	0.915	107.902	
		3P	0.722	1.333	0.962	113.463	
		9P	0.630	3.537	2.229	87.582	
		3PS	1.227	1.244	1.527	60.000	
		3P	0.373	1.436	0.536	63.203	
	Repetición N° 3	3P	0.729	1.402	1.022	120.493	
		3P	0.732	1.432	1.048	123.522	
		9P	0.508	3.642	1.851	72.753	
		3PS	0.876	1.307	1.145	44.993	
	Fecha:		16/04/2022		Hora:		20:00 horas
	Tratamiento	Repetición	Configuración	Niveles de Voltaje (V)	Intensidad de Corriente (mA)	Potencia Eléctrica (mW)	Densidad de Potencia Eléctrica (mW/m ²)
Tratamiento N°1	Repetición N° 1	3S	2.828	0.63	1.782	210.042	
		3S	2.964	0.66	1.956	230.626	
		3S	2.871	0.657	1.886	222.374	
		9S	6.147	0.676	4.155	163.296	
		3SP	2.888	0.999	2.885	113.365	
	Repetición N° 2	3S	2.842	0.672	1.910	225.154	
		3S	2.932	0.638	1.871	220.532	
		3S	2.887	0.669	1.931	227.698	
		9S	6.119	0.689	4.216	165.678	
	Repetición N° 3	3SP	2.887	1.142	3.297	129.562	
		3S	2.88	0.646	1.860	219.337	
		3S	2.846	0.639	1.819	214.399	
		3S	2.896	0.664	1.923	226.701	
		9S	6.067	0.677	4.107	161.409	
Tratamiento N°2	Repetición N° 1	3SP	2.874	1.109	3.187	125.252	
		3P	0.936	1.480	1.385	163.314	
		3P	0.931	1.435	1.336	157.446	
		3P	0.923	1.408	1.300	153.211	
		9P	0.816	3.770	3.076	120.875	
	Repetición N° 2	3PS	1.914	1.317	2.520	99.041	
		3P	0.932	1.538	1.433	168.989	
		3P	0.930	1.528	1.422	167.590	
		3P	0.920	1.554	1.430	168.610	
		9P	0.818	4.018	3.285	129.090	
	Repetición N° 3	3PS	1.867	1.439	2.686	105.558	
		3P	0.933	1.526	1.424	167.910	
		3P	0.934	1.468	1.372	161.702	
		3P	0.919	1.452	1.334	157.314	
9P		0.810	3.833	3.104	121.991		
		3PS	1.911	1.356	2.591	101.815	

FICHA DE REGISTRO DE MAGNITUDES ELÉCTRICAS EN CIRCUITO ABIERTO							
Fecha:		17/04/2022		Hora:		08:00 horas	
Tratamiento	Repetición	Configuración	Niveles de Voltaje (V)	Intensidad de Corriente (mA)	Potencia Eléctrica (mW)	Densidad de Potencia Eléctrica (mW/m ²)	
Tratamiento N°1	Repetición N° 1	3S	2.532	0.652	1.651	194.625	
		3S	2.368	0.602	1.426	168.060	
		3S	2.682	0.569	1.526	179.911	
		9S	5.129	0.633	3.247	127.586	
		3SP	2.322	1.011	2.348	92.266	
	Repetición N° 2	3S	2.561	0.585	1.498	176.625	
		3S	2.661	0.607	1.615	190.423	
		3S	2.534	0.625	1.584	186.712	
		9S	5.32	0.626	3.330	130.873	
	Repetición N° 3	3SP	2.382	1.097	2.613	102.701	
		3S	2.557	0.622	1.590	187.503	
		3S	2.661	0.63	1.676	197.639	
		3S	2.515	0.575	1.446	170.487	
	Tratamiento N°2	Repetición N° 1	9S	5.434	0.626	3.402	133.678
			3SP	2.377	0.970	2.305	90.595
3P			0.730	1.391	1.015	119.712	
3P			0.726	1.477	1.072	126.416	
3P			0.708	1.463	1.036	122.114	
Repetición N° 2		9P	0.596	3.824	2.280	89.613	
		3PS	1.256	1.352	1.698	66.732	
		3P	0.682	1.543	1.053	124.122	
		3P	0.753	1.577	1.187	139.995	
Repetición N° 3		3P	0.736	1.485	1.092	128.793	
		9P	0.613	3.974	2.435	95.679	
		3PS	1.223	1.442	1.764	69.304	
		3P	0.405	1.391	0.563	66.361	
		3P	0.760	1.396	1.061	125.079	
		3P	0.751	1.385	1.040	122.624	
Fecha:		17/04/2022		Hora:		14:00 horas	
Tratamiento	Repetición	Configuración	Niveles de Voltaje (V)	Intensidad de Corriente (mA)	Potencia Eléctrica (mW)	Densidad de Potencia Eléctrica (mW/m ²)	
Tratamiento N°1	Repetición N° 1	9P	0.516	3.629	1.871	73.524	
		3PS	0.987	1.298	1.281	50.328	
		3S	2.525	0.636	1.606	189.324	
		3S	2.351	0.583	1.371	161.587	
		3S	2.6	0.549	1.427	168.280	
	Repetición N° 2	9S	4.989	0.608	3.033	119.202	
		3SP	2.492	0.966	2.407	94.600	
		3S	2.522	0.574	1.448	170.665	
		3S	2.592	0.574	1.488	175.401	
	Repetición N° 3	3S	2.549	0.645	1.644	193.828	
		9S	5.219	0.609	3.178	124.902	
		3SP	2.554	1.008	2.575	101.182	
		3S	2.569	0.625	1.606	189.291	
		3S	2.713	0.653	1.772	208.857	
		3S	2.483	0.571	1.418	167.147	
Tratamiento N°2	Repetición N° 1	9S	5.323	0.626	3.332	130.947	
		3SP	2.588	0.974	2.521	99.070	
		3P	0.678	1.316	0.892	105.138	
		3P	0.655	1.333	0.873	102.934	
		3P	0.645	1.495	0.964	113.622	

FICHA DE REGISTRO DE MAGNITUDES ELÉCTRICAS EN CIRCUITO ABIERTO							
		9P	0.560	3.498	1.959	76.994	
		3PS	1.011	1.255	1.269	49.877	
	Repetición N° 2	3P	0.642	1.359	0.873	102.912	
		3P	0.708	1.307	0.925	109.041	
		3P	0.679	1.271	0.863	101.692	
		9P	0.569	3.367	1.917	75.316	
		3PS	1.077	1.222	1.316	51.703	
		3P	0.326	1.211	0.395	46.590	
	Repetición N° 3	3P	0.714	1.244	0.888	104.714	
		3P	0.700	1.344	0.941	110.966	
		9P	0.462	3.198	1.478	58.089	
		3PS	0.774	1.140	0.882	34.660	
	Fecha:		17/04/2022		Hora:		20:00 horas
	Tratamiento	Repetición	Configuración	Niveles de Voltaje (V)	Intensidad de Corriente (mA)	Potencia Eléctrica (mW)	Densidad de Potencia Eléctrica (mW/m ²)
Tratamiento N°1	Repetición N° 1	3S	2.845	0.674	1.918	226.063	
		3S	2.749	0.655	1.801	212.277	
		3S	2.974	0.618	1.838	216.678	
		9S	5.866	0.665	3.901	153.295	
		3SP	2.856	1.154	3.296	129.518	
	Repetición N° 2	3S	2.917	0.638	1.861	219.403	
		3S	2.968	0.649	1.926	227.088	
		3S	2.873	0.679	1.951	229.981	
		9S	6.212	0.69	4.286	168.440	
	Repetición N° 3	3SP	2.919	1.093	3.191	125.392	
		3S	2.868	0.662	1.899	223.833	
		3S	2.965	0.676	2.004	236.297	
		3S	2.864	0.618	1.770	208.664	
		9S	6.086	0.671	4.084	160.480	
Tratamiento N°2	Repetición N° 1	3SP	2.899	1.170	3.392	133.290	
		3P	0.870	1.565	1.361	160.455	
		3P	0.870	1.476	1.284	151.388	
		3P	0.836	1.533	1.281	151.029	
		9P	0.742	3.992	2.964	116.471	
	Repetición N° 2	3PS	1.675	1.410	2.362	92.829	
		3P	0.834	1.676	1.398	164.854	
		3P	0.895	1.556	1.393	164.180	
		3P	0.867	1.479	1.282	151.115	
		9P	0.762	4.178	3.185	125.164	
	Repetición N° 3	3PS	1.717	1.461	2.509	98.579	
		3P	0.884	1.497	1.323	156.013	
		3P	0.895	1.404	1.256	148.086	
		3P	0.908	1.504	1.366	160.998	
9P		0.788	3.864	3.043	119.587		
		3PS	1.782	1.364	2.430	95.501	

FICHA DE REGISTRO DE MAGNITUDES ELÉCTRICAS EN CIRCUITO ABIERTO						
Fecha:		18/04/2022		Hora:		08:00 horas
Tratamiento	Repetición	Configuración	Niveles de Voltaje (V)	Intensidad de Corriente (mA)	Potencia Eléctrica (mW)	Densidad de Potencia Eléctrica (mW/m ²)
Tratamiento N°1	Repetición N° 1	3S	2.589	0.589	1.525	179.777
		3S	2.575	0.594	1.530	180.323
		3S	2.463	0.595	1.465	172.770
		9S	5.373	0.618	3.321	130.488
		3SP	2.340	1.030	2.411	94.728
	Repetición N° 2	3S	2.594	0.651	1.689	199.084
		3S	2.55	0.57	1.454	171.357
		3S	2.534	0.609	1.543	181.932
		9S	5.209	0.622	3.240	127.324
	Repetición N° 3	3SP	2.353	0.971	2.285	89.798
		3S	2.639	0.601	1.586	186.982
		3S	2.687	0.604	1.623	191.333
		3S	2.473	0.608	1.504	177.261
		9S	5.341	0.628	3.354	131.810
	Tratamiento N°2	Repetición N° 1	3SP	2.392	1.038	2.483
3P			0.803	1.385	1.112	131.060
3P			0.780	1.498	1.168	137.692
3P			0.792	1.412	1.119	131.895
9P			0.676	3.758	2.539	99.766
Repetición N° 2		3PS	1.430	1.316	1.881	73.936
		3P	0.801	1.346	1.078	127.105
		3P	0.789	1.382	1.091	128.604
		3P	0.804	1.379	1.108	130.655
		9P	0.686	3.504	2.404	94.461
Repetición N° 3		3PS	1.489	1.278	1.903	74.781
		3P	0.458	1.320	0.605	71.273
		3P	0.793	1.373	1.089	128.360
		3P	0.781	1.557	1.216	143.359
		9P	0.562	3.693	2.077	81.609
Fecha:		18/04/2022		Hora:		14:00 horas
Tratamiento	Repetición	Configuración	Niveles de Voltaje (V)	Intensidad de Corriente (mA)	Potencia Eléctrica (mW)	Densidad de Potencia Eléctrica (mW/m ²)
Tratamiento N°1	Repetición N° 1	3P	1.110	1.288	1.430	56.183
		3S	2.644	0.623	1.647	194.194
		3S	2.494	0.565	1.409	166.124
		3S	2.54	0.609	1.547	182.363
		9S	5.398	0.61	3.293	129.398
	Repetición N° 2	3SP	2.559	0.955	2.444	96.050
		3S	2.587	0.63	1.630	192.142
		3S	2.533	0.558	1.413	166.631
		3S	2.581	0.618	1.595	188.045
		9S	5.234	0.616	3.224	126.701
	Repetición N° 3	3SP	2.567	0.946	2.428	95.429
		3S	2.547	0.578	1.472	173.557
		3S	2.574	0.561	1.444	170.238
		3S	2.443	0.586	1.432	168.775
		9S	5.338	0.595	3.176	124.813
Tratamiento N°2	Repetición N° 1	3SP	2.521	0.898	2.264	88.976
		3P	0.758	1.462	1.109	130.706
		3P	0.724	1.317	0.953	112.360
		3P	0.734	1.301	0.955	112.631

FICHA DE REGISTRO DE MAGNITUDES ELÉCTRICAS EN CIRCUITO ABIERTO							
		9P	0.634	3.514	2.227	87.519	
		3PS	1.261	1.270	1.602	62.950	
	Repetición N° 2	3P	0.752	1.344	1.011	119.153	
		3P	0.735	1.451	1.066	125.674	
		3P	0.757	1.371	1.038	122.354	
		9P	0.645	3.617	2.333	91.664	
		3PS	1.282	1.292	1.656	65.073	
	Repetición N° 3	3P	0.387	1.399	0.542	63.884	
		3P	0.731	1.282	0.937	110.432	
		3P	0.735	1.474	1.084	127.782	
		9P	0.499	3.649	1.820	71.523	
		3PS	0.913	1.268	1.158	45.511	
	Fecha:		18/04/2022		Hora:		20:00 horas
	Tratamiento	Repetición	Configuración	Niveles de Voltaje (V)	Intensidad de Corriente (mA)	Potencia Eléctrica (mW)	Densidad de Potencia Eléctrica (mW/m ²)
Tratamiento N°1	Repetición N° 1	3S	2.956	0.665	1.966	231.746	
		3S	2.863	0.622	1.781	209.941	
		3S	2.862	0.656	1.877	221.340	
		9S	5.984	0.662	3.961	155.673	
		3SP	2.894	1.043	3.018	118.604	
	Repetición N° 2	3S	2.935	0.683	2.005	236.328	
		3S	2.919	0.623	1.819	214.392	
		3S	2.94	0.678	1.993	234.998	
		9S	6.04	0.692	4.180	164.251	
	Repetición N° 3	3SP	2.931	1.027	3.010	118.304	
		3S	2.957	0.622	1.839	216.834	
		3S	2.998	0.628	1.883	221.961	
		3S	2.883	0.647	1.865	219.905	
		9S	6.37	0.665	4.236	166.466	
Tratamiento N°2	Repetición N° 1	3SP	2.946	1.071	3.155	123.990	
		3P	0.952	1.514	1.441	169.922	
		3P	0.920	1.618	1.488	175.427	
		3P	0.930	1.620	1.507	177.681	
		9P	0.832	4.137	3.442	135.261	
	Repetición N° 2	3PS	1.506	1.464	2.205	86.643	
		3P	0.933	1.464	1.365	160.973	
		3P	0.926	1.610	1.491	175.761	
		3P	0.948	1.455	1.379	162.557	
		9P	0.838	3.940	3.303	129.818	
	Repetición N° 3	3PS	1.600	1.389	2.223	87.353	
		3P	0.954	1.567	1.494	176.178	
		3P	0.928	1.578	1.465	172.702	
		3P	0.932	1.610	1.501	176.900	
9P		0.828	4.190	3.469	136.336		
		3PS	1.701	1.459	2.482	97.527	

FICHA DE REGISTRO DE MAGNITUDES ELÉCTRICAS EN CIRCUITO ABIERTO						
Fecha:		19/04/2022		Hora:		08:00 horas
Tratamiento	Repetición	Configuración	Niveles de Voltaje (V)	Intensidad de Corriente (mA)	Potencia Eléctrica (mW)	Densidad de Potencia Eléctrica (mW/m ²)
Tratamiento N°1	Repetición N° 1	3S	2.491	0.57	1.420	167.392
		3S	2.587	0.585	1.513	178.418
		3S	2.372	0.632	1.499	176.733
		9S	5.202	0.609	3.168	124.495
		3SP	2.277	0.966	2.200	86.451
	Repetición N° 2	3S	2.44	0.603	1.471	173.458
		3S	2.653	0.636	1.687	198.921
		3S	2.602	0.569	1.481	174.544
		9S	5.205	0.615	3.201	125.794
		3SP	2.364	1.061	2.508	98.566
	Repetición N° 3	3S	2.458	0.606	1.490	175.607
		3S	2.576	0.641	1.651	194.666
		3S	2.473	0.57	1.410	166.183
		9S	5.153	0.624	3.215	126.360
		3SP	2.304	1.090	2.512	98.704
Tratamiento N°2	Repetición N° 1	3P	0.785	1.603	1.258	148.288
		3P	0.784	1.461	1.146	135.094
		3P	0.776	1.584	1.230	144.974
		9P	0.665	4.072	2.707	106.377
		3PS	1.412	1.431	2.021	79.422
	Repetición N° 2	3P	0.793	1.400	1.111	130.939
		3P	0.806	1.506	1.214	143.102
		3P	0.798	1.545	1.232	145.290
		9P	0.674	3.821	2.575	101.205
		3PS	1.454	1.377	2.002	78.680
	Repetición N° 3	3P	0.440	1.595	0.702	82.800
		3P	0.790	1.477	1.167	137.561
		3P	0.788	1.453	1.145	135.040
		9P	0.550	3.971	2.184	85.810
		3PS	1.106	1.378	1.524	59.874
Fecha:		19/04/2022		Hora:		14:00 horas
Tratamiento	Repetición	Configuración	Niveles de Voltaje (V)	Intensidad de Corriente (mA)	Potencia Eléctrica (mW)	Densidad de Potencia Eléctrica (mW/m ²)
Tratamiento N°1	Repetición N° 1	3S	2.522	0.601	1.516	178.692
		3S	2.542	0.569	1.446	170.520
		3S	2.443	0.66	1.612	190.088
		9S	5.095	0.627	3.195	125.538
		3SP	2.502	0.960	2.402	94.402
	Repetición N° 2	3S	2.416	0.608	1.469	173.176
		3S	2.549	0.612	1.560	183.911
		3S	2.633	0.587	1.546	182.211
		9S	5.11	0.616	3.148	123.699
		3SP	2.533	1.048	2.654	104.305
	Repetición N° 3	3S	2.473	0.619	1.531	180.468
		3S	2.589	0.65	1.683	198.395
		3S	2.484	0.589	1.463	172.486
		9S	5.321	0.629	3.347	131.525
		3SP	2.515	1.002	2.520	99.044
Tratamiento N°2	Repetición N° 1	3P	0.739	1.432	1.058	124.760
		3P	0.738	1.548	1.142	134.622
		3P	0.725	1.555	1.128	132.970

FICHA DE REGISTRO DE MAGNITUDES ELÉCTRICAS EN CIRCUITO ABIERTO							
		9P	0.630	3.968	2.500	98.238	
		3PS	1.235	1.384	1.709	67.169	
	Repetición N° 2	3P	0.724	1.444	1.045	123.195	
		3P	0.741	1.525	1.131	133.281	
		3P	0.735	1.450	1.066	125.644	
		9P	0.620	3.841	2.383	93.634	
		3PS	1.260	1.347	1.697	66.697	
	Repetición N° 3	3P	0.375	1.392	0.522	61.485	
		3P	0.724	1.448	1.048	123.536	
		3P	0.741	1.334	0.988	116.536	
		9P	0.506	3.604	1.824	71.680	
		3PS	0.895	1.296	1.160	45.599	
	Fecha:		19/04/2022		Hora:		20:00 horas
	Tratamiento	Repetición	Configuración	Niveles de Voltaje (V)	Intensidad de Corriente (mA)	Potencia Eléctrica (mW)	Densidad de Potencia Eléctrica (mW/m ²)
Tratamiento N°1	Repetición N° 1	3S	2.868	0.627	1.798	211.999	
		3S	2.992	0.636	1.903	224.339	
		3S	2.673	0.668	1.786	210.505	
		9S	6.125	0.679	4.159	163.433	
		3SP	2.844	1.119	3.183	125.076	
	Repetición N° 2	3S	2.781	0.65	1.808	213.108	
		3S	2.91	0.656	1.909	225.052	
		3S	2.925	0.62	1.814	213.798	
		9S	5.908	0.66	3.899	153.232	
	Repetición N° 3	3SP	2.872	1.099	3.156	124.036	
		3S	2.834	0.662	1.876	221.179	
		3S	2.887	0.675	1.949	229.740	
		3S	2.808	0.614	1.724	203.260	
		9S	5.963	0.669	3.989	156.768	
Tratamiento N°2	Repetición N° 1	3SP	2.843	1.062	3.019	118.650	
		3P	0.933	1.552	1.448	170.710	
		3P	0.938	1.617	1.517	178.877	
		3P	0.937	1.578	1.478	174.252	
		9P	0.816	4.193	3.421	134.456	
	Repetición N° 2	3PS	1.562	1.488	2.324	91.337	
		3P	0.935	1.491	1.394	164.352	
		3P	0.949	1.667	1.583	186.570	
		3P	0.942	1.691	1.593	187.860	
		9P	0.838	4.293	3.598	141.412	
	Repetición N° 3	3PS	1.558	1.507	2.347	92.247	
		3P	0.945	1.602	1.514	178.476	
		3P	0.936	1.483	1.389	163.704	
		3P	0.938	1.672	1.569	184.961	
9P		0.822	4.159	3.418	134.328		
		3PS	1.510	1.475	2.227	87.506	

FICHA DE REGISTRO DE MAGNITUDES ELÉCTRICAS EN CIRCUITO ABIERTO						
Fecha:		20/04/2022		Hora:		08:00 horas
Tratamiento	Repetición	Configuración	Niveles de Voltaje (V)	Intensidad de Corriente (mA)	Potencia Eléctrica (mW)	Densidad de Potencia Eléctrica (mW/m ²)
Tratamiento N°1	Repetición N° 1	3S	2.276	0.594	1.352	159.384
		3S	2.562	0.611	1.565	184.547
		3S	2.415	0.597	1.442	169.972
		9S	4.914	0.625	3.071	120.692
		3SP	2.214	0.964	2.134	83.860
	Repetición N° 2	3S	2.58	0.589	1.520	179.152
		3S	2.58	0.623	1.607	189.493
		3S	2.638	0.579	1.527	180.069
		9S	5.472	0.627	3.431	134.828
		3SP	2.394	0.930	2.227	87.505
	Repetición N° 3	3S	2.522	0.582	1.468	173.043
		3S	2.532	0.543	1.375	162.088
		3S	2.407	0.607	1.461	172.247
		9S	4.904	0.596	2.923	114.858
		3SP	2.283	1.073	2.450	96.266
Tratamiento N°2	Repetición N° 1	3P	0.781	1.497	1.170	137.894
		3P	0.802	1.352	1.084	127.831
		3P	0.791	1.450	1.147	135.217
		9P	0.677	3.737	2.532	99.486
		3PS	1.426	1.339	1.910	75.053
	Repetición N° 2	3P	0.816	1.483	1.211	142.723
		3P	0.792	1.457	1.154	136.041
		3P	0.796	1.475	1.174	138.418
		9P	0.681	3.895	2.654	104.304
		3PS	1.504	1.376	2.070	81.344
	Repetición N° 3	3P	0.428	1.446	0.619	72.962
		3P	0.794	1.631	1.295	152.673
		3P	0.796	1.625	1.294	152.494
		9P	0.555	4.094	2.271	89.237
		3PS	1.088	1.468	1.597	62.765
Fecha:		20/04/2022		Hora:		14:00 horas
Tratamiento	Repetición	Configuración	Niveles de Voltaje (V)	Intensidad de Corriente (mA)	Potencia Eléctrica (mW)	Densidad de Potencia Eléctrica (mW/m ²)
Tratamiento N°1	Repetición N° 1	3S	2.277	0.598	1.362	160.528
		3S	2.522	0.595	1.501	176.908
		3S	2.408	0.586	1.411	166.357
		9S	4.898	0.609	2.983	117.220
		3SP	2.402	1.019	2.448	96.199
	Repetición N° 2	3S	2.72	0.634	1.724	203.303
		3S	2.592	0.633	1.641	193.431
		3S	2.595	0.567	1.471	173.463
		9S	5.681	0.622	3.534	138.861
		3SP	2.636	0.942	2.483	97.568
	Repetición N° 3	3S	2.535	0.591	1.498	176.625
		3S	2.584	0.57	1.473	173.642
		3S	2.371	0.584	1.385	163.242
		9S	5.251	0.6	3.151	123.811
		3SP	2.497	0.976	2.437	95.758
Tratamiento N°2	Repetición N° 1	3P	0.732	1.395	1.022	120.440
		3P	0.752	1.354	1.019	120.092
		3P	0.743	1.304	0.969	114.223

FICHA DE REGISTRO DE MAGNITUDES ELÉCTRICAS EN CIRCUITO ABIERTO							
		9P	0.643	3.452	2.218	87.166	
		3PS	1.259	1.229	1.547	60.789	
	Repetición N° 2	3P	0.740	1.398	1.034	121.907	
		3P	0.740	1.448	1.071	126.267	
		3P	0.740	1.531	1.133	133.625	
		9P	0.625	3.751	2.344	92.112	
		3PS	1.272	1.359	1.728	67.914	
	Repetición N° 3	3P	0.378	1.348	0.510	60.071	
		3P	0.737	1.543	1.137	134.066	
		3P	0.740	1.445	1.069	126.006	
		9P	0.520	3.790	1.972	77.481	
		3PS	0.907	1.343	1.218	47.851	
	Fecha:		20/04/2022		Hora:		20:00 horas
	Tratamiento	Repetición	Configuración	Niveles de Voltaje (V)	Intensidad de Corriente (mA)	Potencia Eléctrica (mW)	Densidad de Potencia Eléctrica (mW/m ²)
Tratamiento N°1	Repetición N° 1	3S	2.645	0.645	1.706	201.128	
		3S	2.86	0.651	1.862	219.499	
		3S	2.763	0.629	1.738	204.889	
		9S	5.57	0.666	3.710	145.779	
		3SP	2.756	1.055	2.908	114.261	
	Repetición N° 2	3S	2.982	0.65	1.938	228.511	
		3S	2.877	0.664	1.910	225.213	
		3S	2.971	0.611	1.815	214.008	
		9S	6.093	0.668	4.070	159.946	
	Repetición N° 3	3SP	2.943	1.028	3.026	118.904	
		3S	2.85	0.604	1.721	202.940	
		3S	2.897	0.609	1.764	207.995	
		3S	2.786	0.663	1.847	217.761	
		9S	5.782	0.641	3.706	145.647	
Tratamiento N°2	Repetición N° 1	3SP	2.844	1.109	3.154	123.959	
		3P	0.925	1.462	1.352	159.432	
		3P	0.943	1.607	1.515	178.654	
		3P	0.949	1.479	1.403	165.412	
		9P	0.825	3.985	3.287	129.178	
	Repetición N° 2	3PS	1.526	1.393	2.125	83.517	
		3P	0.956	1.487	1.422	167.651	
		3P	0.944	1.517	1.432	168.768	
		3P	0.944	1.528	1.442	169.992	
		9P	0.849	3.961	3.362	132.136	
	Repetición N° 3	3PS	1.774	1.405	2.492	97.929	
		3P	0.935	1.657	1.549	182.650	
		3P	0.933	1.606	1.499	176.713	
		3P	0.944	1.621	1.531	180.466	
9P		0.832	4.275	3.555	139.699		
		3PS	1.714	1.512	2.591	101.822	

FICHA DE REGISTRO DE MAGNITUDES ELÉCTRICAS EN CIRCUITO ABIERTO							
Fecha:		21/04/2022		Hora:		08:00 horas	
Tratamiento	Repetición	Configuración	Niveles de Voltaje (V)	Intensidad de Corriente (mA)	Potencia Eléctrica (mW)	Densidad de Potencia Eléctrica (mW/m²)	
Tratamiento N°1	Repetición N° 1	3S	2.491	0.581	1.447	170.622	
		3S	2.714	0.664	1.802	212.454	
		3S	2.562	0.551	1.412	166.424	
		9S	5.313	0.619	3.289	129.240	
		3SP	2.391	1.036	2.477	97.343	
	Repetición N° 2	3S	2.524	0.597	1.507	177.644	
		3S	2.574	0.59	1.519	179.039	
		3S	2.611	0.585	1.527	180.073	
		9S	5.249	0.609	3.197	125.620	
	Repetición N° 3	3SP	2.363	1.015	2.398	94.240	
		3S	2.603	0.586	1.525	179.828	
		3S	2.516	0.585	1.472	173.521	
		3S	2.611	0.59	1.540	181.612	
	Tratamiento N°2	Repetición N° 1	9S	5.403	0.605	3.269	128.456
			3SP	2.379	1.023	2.433	95.626
3P			0.779	1.463	1.139	134.302	
3P			0.801	1.447	1.160	136.700	
3P			0.776	1.387	1.077	126.944	
Repetición N° 2		9P	0.659	3.664	2.416	94.951	
		3PS	1.443	1.325	1.912	75.153	
		3P	0.786	1.424	1.119	131.953	
		3P	0.764	1.473	1.126	132.731	
Repetición N° 3		3P	0.795	1.322	1.051	123.852	
		9P	0.665	3.654	2.429	95.442	
		3PS	1.425	1.288	1.835	72.127	
		3P	0.452	1.468	0.663	78.168	
		3P	0.774	1.389	1.075	126.745	
		3P	0.793	1.475	1.169	137.838	
Repetición N° 3	9P	0.552	3.684	2.033	79.882		
	3PS	1.094	1.330	1.455	57.196		
	3PS	1.094	1.330	1.455	57.196		
Fecha:		21/04/2022		Hora:		14:00 horas	
Tratamiento	Repetición	Configuración	Niveles de Voltaje (V)	Intensidad de Corriente (mA)	Potencia Eléctrica (mW)	Densidad de Potencia Eléctrica (mW/m²)	
Tratamiento N°1	Repetición N° 1	3S	2.5	0.584	1.460	172.123	
		3S	2.624	0.617	1.619	190.869	
		3S	2.532	0.521	1.319	155.521	
		9S	5.2	0.586	3.047	119.747	
		3SP	2.552	1.000	2.552	100.287	
	Repetición N° 2	3S	2.552	0.604	1.541	181.721	
		3S	2.539	0.572	1.452	171.216	
		3S	2.521	0.578	1.457	171.786	
		9S	5.065	0.595	3.014	118.430	
	Repetición N° 3	3SP	2.537	0.975	2.474	97.218	
		3S	2.523	0.573	1.446	170.435	
		3S	2.558	0.598	1.530	180.338	
		3S	2.61	0.594	1.550	182.774	
		9S	5.203	0.6	3.122	122.679	
	Repetición N° 3	3SP	2.564	0.981	2.515	98.832	
3P		0.720	1.397	1.006	118.581		
3P		0.733	1.427	1.046	123.258		
Tratamiento N°2	Repetición N° 1	3P	0.728	1.447	1.054	124.247	
		3P	0.728	1.447	1.054	124.247	

FICHA DE REGISTRO DE MAGNITUDES ELÉCTRICAS EN CIRCUITO ABIERTO								
	Repetición N° 2	9P	0.612	3.636	2.225	87.446		
		3PS	1.241	1.310	1.626	63.886		
		3P	0.731	1.387	1.014	119.531		
		3P	0.712	1.237	0.880	103.785		
		3P	0.726	1.307	0.948	111.815		
		9P	0.616	3.334	2.053	80.678		
		3PS	1.227	1.193	1.464	57.540		
	Repetición N° 3	3P	0.388	1.312	0.509	60.014		
		3P	0.725	1.320	0.957	112.875		
		3P	0.731	1.469	1.073	126.540		
		9P	0.505	3.558	1.796	70.563		
		3PS	0.881	1.257	1.107	43.519		
		Fecha:		21/04/2022		Hora:		20:00 horas
		Tratamiento	Repetición	Configuración	Niveles de Voltaje (V)	Intensidad de Corriente (mA)	Potencia Eléctrica (mW)	Densidad de Potencia Eléctrica (mW/m ²)
Tratamiento N°1	Repetición N° 1	3S	2.883	0.645	1.860	219.225		
		3S	2.985	0.674	2.012	237.187		
		3S	2.94	0.603	1.773	209.002		
		9S	6.267	0.67	4.199	165.006		
		3SP	2.936	1.148	3.371	132.453		
	Repetición N° 2	3S	2.894	0.64	1.852	218.356		
		3S	2.906	0.645	1.874	220.974		
		3S	2.937	0.629	1.847	217.792		
		9S	6.167	0.653	4.027	158.253		
		3SP	2.912	1.056	3.075	120.857		
	Repetición N° 3	3S	2.971	0.64	1.901	224.166		
		3S	2.86	0.622	1.779	209.721		
		3S	2.967	0.648	1.923	226.662		
		9S	6.157	0.665	4.094	160.900		
3SP		2.933	1.118	3.279	128.846			
Tratamiento N°2	Repetición N° 1	3P	0.923	1.506	1.390	163.816		
		3P	0.945	1.485	1.404	165.500		
		3P	0.934	1.483	1.386	163.354		
		9P	0.835	3.905	3.261	128.153		
		3PS	1.810	1.369	2.478	97.393		
	Repetición N° 2	3P	0.941	1.508	1.420	167.352		
		3P	0.916	1.561	1.429	168.510		
		3P	0.941	1.404	1.322	155.811		
		9P	0.816	3.910	3.190	125.347		
		3PS	1.825	1.380	2.519	98.989		
	Repetición N° 3	3P	0.951	1.515	1.441	169.915		
		3P	0.926	1.585	1.467	172.970		
		3P	0.941	1.576	1.482	174.775		
		9P	0.823	4.048	3.332	130.955		
3PS		1.839	1.449	2.664	104.698			

FICHA DE REGISTRO DE MAGNITUDES ELÉCTRICAS EN CIRCUITO ABIERTO						
Fecha:		22/04/2022		Hora:		08:00 horas
Tratamiento	Repetición	Configuración	Niveles de Voltaje (V)	Intensidad de Corriente (mA)	Potencia Eléctrica (mW)	Densidad de Potencia Eléctrica (mW/m ²)
Tratamiento N°1	Repetición N° 1	3S	2.507	0.572	1.434	169.058
		3S	2.505	0.616	1.543	181.918
		3S	2.63	0.62	1.631	192.236
		9S	5.372	0.617	3.315	130.253
		3SP	2.341	0.990	2.318	91.089
	Repetición N° 2	3S	2.584	0.614	1.587	187.045
		3S	2.682	0.607	1.628	191.926
		3S	2.616	0.602	1.575	185.661
		9S	5.621	0.627	3.524	138.499
		3SP	2.419	1.051	2.543	99.923
	Repetición N° 3	3S	2.514	0.588	1.478	174.273
		3S	2.652	0.62	1.644	193.844
		3S	2.542	0.575	1.462	172.318
		9S	5.117	0.615	3.147	123.668
		3SP	2.361	1.012	2.390	93.908
Tratamiento N°2	Repetición N° 1	3P	0.767	1.568	1.203	141.784
		3P	0.796	1.440	1.146	135.133
		3P	0.777	1.396	1.085	127.932
		9P	0.665	3.808	2.533	99.531
		3PS	1.410	1.360	1.918	75.375
	Repetición N° 2	3P	0.785	1.436	1.127	132.896
		3P	0.798	1.496	1.194	140.800
		3P	0.794	1.387	1.101	129.832
		9P	0.668	3.784	2.529	99.399
		3PS	1.474	1.335	1.968	77.347
	Repetición N° 3	3P	0.440	1.396	0.614	72.414
		3P	0.777	1.386	1.076	126.907
		3P	0.786	1.469	1.154	136.065
		9P	0.554	3.735	2.071	81.379
		3PS	1.077	1.307	1.408	55.334
Fecha:		22/04/2022		Hora:		14:00 horas
Tratamiento	Repetición	Configuración	Niveles de Voltaje (V)	Intensidad de Corriente (mA)	Potencia Eléctrica (mW)	Densidad de Potencia Eléctrica (mW/m ²)
Tratamiento N°1	Repetición N° 1	3S	2.506	0.578	1.448	170.764
		3S	2.545	0.618	1.573	185.423
		3S	2.572	0.596	1.533	180.719
		9S	5.172	0.61	3.155	123.981
		3SP	2.541	0.977	2.483	97.558
	Repetición N° 2	3S	2.582	0.619	1.598	188.423
		3S	2.629	0.582	1.530	180.385
		3S	2.556	0.592	1.513	178.389
		9S	5.49	0.613	3.365	132.251
		3SP	2.589	0.967	2.504	98.384
	Repetición N° 3	3S	2.526	0.589	1.488	175.402
		3S	2.558	0.586	1.499	176.720
		3S	2.624	0.601	1.577	185.919
		9S	5.407	0.602	3.255	127.914
		3SP	2.569	0.986	2.533	99.555
Tratamiento N°2	Repetición N° 1	3P	0.702	1.452	1.020	120.225
		3P	0.734	1.456	1.069	126.049
		3P	0.713	1.445	1.031	121.520

FICHA DE REGISTRO DE MAGNITUDES ELÉCTRICAS EN CIRCUITO ABIERTO							
		9P	0.607	3.715	2.254	88.567	
		3PS	1.184	1.335	1.581	62.115	
	Repetición N° 2	3P	0.722	1.482	1.070	126.087	
		3P	0.738	1.406	1.037	122.273	
		3P	0.731	1.360	0.994	117.204	
		9P	0.620	3.725	2.310	90.774	
		3PS	1.223	1.296	1.585	62.304	
		3P	0.442	1.488	0.658	77.596	
	Repetición N° 3	3P	0.718	1.431	1.027	121.073	
		3P	0.729	1.311	0.955	112.621	
		9P	0.524	3.701	1.938	76.146	
		3PS	0.929	1.312	1.218	47.881	
	Fecha:		22/04/2022		Hora:		20:00 horas
	Tratamiento	Repetición	Configuración	Niveles de Voltaje (V)	Intensidad de Corriente (mA)	Potencia Eléctrica (mW)	Densidad de Potencia Eléctrica (mW/m ²)
Tratamiento N°1	Repetición N° 1	3S	2.852	0.616	1.757	207.117	
		3S	2.855	0.662	1.890	222.818	
		3S	2.993	0.659	1.972	232.530	
		9S	5.926	0.663	3.929	154.398	
		3SP	2.900	1.100	3.190	125.359	
	Repetición N° 2	3S	2.886	0.66	1.905	224.557	
		3S	2.988	0.641	1.915	225.801	
		3S	2.921	0.638	1.864	219.704	
		9S	6.056	0.668	4.045	158.974	
	Repetición N° 3	3SP	2.932	1.059	3.105	122.004	
		3S	2.835	0.62	1.758	207.220	
		3S	2.946	0.651	1.918	226.100	
		3S	2.901	0.63	1.828	215.464	
		9S	6.014	0.668	4.017	157.872	
Tratamiento N°2	Repetición N° 1	3SP	2.894	0.989	2.862	112.476	
		3P	0.909	1.652	1.502	177.100	
		3P	0.941	1.697	1.597	188.260	
		3P	0.921	1.648	1.518	178.938	
		9P	0.804	4.397	3.534	138.886	
	Repetición N° 2	3PS	1.875	1.565	2.935	115.334	
		3P	0.920	1.616	1.487	175.337	
		3P	0.942	1.466	1.381	162.864	
		3P	0.930	1.478	1.374	161.990	
		9P	0.825	3.969	3.274	128.642	
	Repetición N° 3	3PS	1.873	1.395	2.613	102.696	
		3P	0.950	1.643	1.561	184.013	
		3P	0.918	1.573	1.443	170.177	
		3P	0.938	1.666	1.563	184.232	
9P		0.838	4.355	3.650	143.454		
		3PS	1.936	1.505	2.913	114.481	

FICHA DE REGISTRO DE MAGNITUDES ELÉCTRICAS EN CIRCUITO ABIERTO							
Fecha:		23/04/2022		Hora:		08:00 horas	
Tratamiento	Repetición	Configuración	Niveles de Voltaje (V)	Intensidad de Corriente (mA)	Potencia Eléctrica (mW)	Densidad de Potencia Eléctrica (mW/m ²)	
Tratamiento N°1	Repetición N° 1	3S	2.336	0.587	1.371	161.658	
		3S	2.341	0.604	1.414	166.696	
		3S	2.439	0.607	1.480	174.537	
		9S	4.675	0.628	2.936	115.374	
		3SP	2.163	1.081	2.338	91.886	
	Repetición N° 2	3S	2.318	0.56	1.298	153.034	
		3S	2.437	0.635	1.547	182.438	
		3S	2.572	0.585	1.505	177.383	
		9S	4.732	0.607	2.872	112.875	
	Repetición N° 3	3SP	2.240	0.915	2.050	80.556	
		3S	2.506	0.559	1.401	165.150	
		3S	2.534	0.585	1.482	174.763	
		3S	2.484	0.557	1.384	163.115	
	Tratamiento N°2	Repetición N° 1	9S	4.959	0.594	2.946	115.757
			3SP	2.307	0.981	2.263	88.937
3P			0.771	1.422	1.096	129.197	
3P			0.788	1.573	1.239	146.069	
3P			0.809	1.563	1.264	149.071	
Repetición N° 2		9P	0.666	3.952	2.632	103.450	
		3PS	1.432	1.394	1.997	78.464	
		3P	0.804	1.551	1.248	147.073	
		3P	0.749	1.524	1.142	134.631	
Repetición N° 3		3P	0.800	1.489	1.191	140.434	
		9P	0.661	4.024	2.658	104.456	
		3PS	1.428	1.391	1.986	78.040	
		3P	0.425	1.554	0.660	77.862	
		3P	0.779	1.474	1.148	135.370	
		3P	0.803	1.545	1.241	146.262	
Repetición N° 3	9P	0.543	4.018	2.182	85.738		
	3PS	1.103	1.398	1.542	60.597		
	3PS	1.103	1.398	1.542	60.597		
Fecha:		23/04/2022		Hora:		14:00 horas	
Tratamiento	Repetición	Configuración	Niveles de Voltaje (V)	Intensidad de Corriente (mA)	Potencia Eléctrica (mW)	Densidad de Potencia Eléctrica (mW/m ²)	
Tratamiento N°1	Repetición N° 1	3S	2.374	0.611	1.451	171.005	
		3S	2.347	0.586	1.375	162.143	
		3S	2.413	0.602	1.453	171.254	
		9S	4.534	0.612	2.775	109.043	
		3SP	2.378	1.026	2.440	95.879	
	Repetición N° 2	3S	2.342	0.562	1.316	155.171	
		3S	2.463	0.645	1.589	187.288	
		3S	2.599	0.6	1.559	183.842	
		9S	4.938	0.619	3.057	120.118	
		3SP	2.468	0.975	2.406	94.562	
	Repetición N° 3	3S	2.471	0.556	1.374	161.970	
		3S	2.584	0.588	1.519	179.125	
		3S	2.513	0.566	1.422	167.685	
		9S	5.344	0.583	3.116	122.433	
		3SP	2.523	1.003	2.530	99.432	
Tratamiento N°2	Repetición N° 1	3P	0.701	1.507	1.057	124.602	
		3P	0.729	1.378	1.005	118.430	
		3P	0.755	1.549	1.170	137.936	

FICHA DE REGISTRO DE MAGNITUDES ELÉCTRICAS EN CIRCUITO ABIERTO							
		9P	0.611	3.887	2.373	93.262	
		3PS	1.226	1.373	1.683	66.131	
	Repetición N° 2	3P	0.723	1.412	1.020	120.298	
		3P	0.688	1.466	1.009	118.907	
		3P	0.737	1.451	1.069	126.073	
		9P	0.611	3.782	2.310	90.792	
		3PS	1.201	1.336	1.604	63.037	
	Repetición N° 3	3P	0.432	1.445	0.624	73.593	
		3P	0.715	1.505	1.076	126.861	
		3P	0.727	1.409	1.024	120.707	
		9P	0.510	3.775	1.924	75.592	
		3PS	0.907	1.332	1.208	47.459	
	Fecha:		23/04/2022		Hora:		20:00 horas
	Tratamiento	Repetición	Configuración	Niveles de Voltaje (V)	Intensidad de Corriente (mA)	Potencia Eléctrica (mW)	Densidad de Potencia Eléctrica (mW/m ²)
Tratamiento N°1	Repetición N° 1	3S	2.614	0.626	1.636	192.915	
		3S	2.678	0.64	1.714	202.058	
		3S	2.776	0.668	1.854	218.616	
		9S	5.29	0.663	3.507	137.827	
		3SP	2.689	1.067	2.870	112.765	
	Repetición N° 2	3S	2.722	0.631	1.718	202.490	
		3S	2.81	0.684	1.922	226.594	
		3S	2.923	0.626	1.830	215.720	
		9S	5.739	0.682	3.914	153.810	
	Repetición N° 3	3SP	2.818	1.041	2.934	115.294	
		3S	2.889	0.619	1.788	210.826	
		3S	2.958	0.654	1.935	228.067	
		3S	2.913	0.628	1.829	215.668	
		9S	6.06	0.651	3.945	155.031	
Tratamiento N°2	Repetición N° 1	3SP	2.920	1.100	3.212	126.224	
		3P	0.917	1.649	1.512	178.269	
		3P	0.927	1.603	1.486	175.186	
		3P	0.951	1.670	1.588	187.168	
		9P	0.819	4.369	3.576	140.538	
	Repetición N° 2	3PS	1.517	1.538	2.333	91.667	
		3P	0.932	1.586	1.478	174.263	
		3P	0.892	1.627	1.451	171.032	
		3P	0.935	1.663	1.555	183.312	
		9P	0.810	4.233	3.427	134.667	
	Repetición N° 3	3PS	1.584	1.511	2.393	94.036	
		3P	0.935	1.615	1.511	178.084	
		3P	0.928	1.614	1.498	176.579	
		3P	0.929	1.570	1.459	171.950	
9P		0.816	4.212	3.436	135.028		
		3PS	1.796	1.506	2.705	106.311	

FICHA DE REGISTRO DE MAGNITUDES ELÉCTRICAS EN CIRCUITO ABIERTO							
Fecha:		24/04/2022		Hora:		08:00 horas	
Tratamiento	Repetición	Configuración	Niveles de Voltaje (V)	Intensidad de Corriente (mA)	Potencia Eléctrica (mW)	Densidad de Potencia Eléctrica (mW/m ²)	
Tratamiento N°1	Repetición N° 1	3S	2.201	0.605	1.332	156.986	
		3S	2.558	0.596	1.525	179.735	
		3S	2.34	0.613	1.434	169.107	
		9S	4.728	0.627	2.964	116.496	
		3SP	2.166	0.947	2.052	80.620	
	Repetición N° 2	3S	2.523	0.644	1.625	191.553	
		3S	2.646	0.602	1.593	187.790	
		3S	2.588	0.596	1.542	181.843	
		9S	5.243	0.624	3.272	128.567	
	Repetición N° 3	3SP	2.387	1.073	2.561	100.637	
		3S	2.622	0.566	1.484	174.959	
		3S	2.547	0.618	1.574	185.568	
		3S	2.577	0.598	1.541	181.678	
	Tratamiento N°2	Repetición N° 1	9S	5.224	0.616	3.218	126.459
			3SP	2.381	1.052	2.505	98.433
3P			0.771	1.676	1.292	152.340	
3P			0.764	1.618	1.237	145.797	
3P			0.781	1.500	1.171	138.052	
Repetición N° 2		9P	0.646	4.152	2.682	105.403	
		3PS	1.396	1.496	2.088	82.070	
		3P	0.774	1.469	1.137	134.102	
		3P	0.805	1.541	1.241	146.246	
Repetición N° 3		3P	0.828	1.578	1.307	154.099	
		9P	0.692	3.986	2.757	108.325	
		3PS	1.499	1.432	2.146	84.336	
		3P	0.414	1.509	0.624	73.591	
		3P	0.818	1.397	1.142	134.666	
		3P	0.758	1.459	1.106	130.380	
Fecha:		24/04/2022		Hora:		14:00 horas	
Tratamiento	Repetición	Configuración	Niveles de Voltaje (V)	Intensidad de Corriente (mA)	Potencia Eléctrica (mW)	Densidad de Potencia Eléctrica (mW/m ²)	
Tratamiento N°1	Repetición N° 1	9P	0.545	3.722	2.029	79.731	
		3PS	1.072	1.354	1.452	57.058	
		3S	2.141	0.584	1.250	147.406	
		3S	2.57	0.628	1.614	190.274	
		3S	2.285	0.604	1.380	162.708	
	Repetición N° 2	9S	4.505	0.624	2.811	110.470	
		3SP	2.332	0.943	2.199	86.418	
		3S	2.543	0.649	1.650	194.571	
		3S	2.56	0.566	1.449	170.822	
	Repetición N° 3	3S	2.554	0.599	1.530	180.357	
		9S	5.43	0.618	3.356	131.872	
		3SP	2.552	0.994	2.537	99.699	
		3S	2.594	0.571	1.481	174.619	
		3S	2.588	0.619	1.602	188.861	
		3S	2.551	0.572	1.459	172.026	
Tratamiento N°2	Repetición N° 1	9S	5.319	0.601	3.197	125.623	
		3SP	2.578	0.937	2.415	94.914	
		3P	0.720	1.509	1.086	128.029	
		3P	0.724	1.531	1.108	130.677	
		3P	0.724	1.548	1.121	132.189	

FICHA DE REGISTRO DE MAGNITUDES ELÉCTRICAS EN CIRCUITO ABIERTO							
		9P	0.623	4.002	2.492	97.926	
		3PS	1.227	1.435	1.761	69.193	
	Repetición N° 2	3P	0.732	1.491	1.091	128.669	
		3P	0.757	1.472	1.114	131.310	
		3P	0.758	1.509	1.144	134.907	
		9P	0.650	3.848	2.501	98.291	
		3PS	1.292	1.373	1.774	69.710	
	Repetición N° 3	3P	0.422	1.390	0.587	69.153	
		3P	0.754	1.315	0.991	116.840	
		3P	0.730	1.314	0.960	113.137	
		9P	0.520	3.416	1.777	69.850	
		3PS	0.957	1.210	1.158	45.505	
	Fecha:		24/04/2022		Hora:		20:00 horas
	Tratamiento	Repetición	Configuración	Niveles de Voltaje (V)	Intensidad de Corriente (mA)	Potencia Eléctrica (mW)	Densidad de Potencia Eléctrica (mW/m ²)
Tratamiento N°1	Repetición N° 1	3S	2.548	0.639	1.628	191.949	
		3S	2.878	0.644	1.853	218.506	
		3S	2.673	0.644	1.721	202.942	
		9S	5.631	0.675	3.801	149.367	
		3SP	2.700	1.053	2.843	111.713	
	Repetición N° 2	3S	2.882	0.695	2.003	236.138	
		3S	2.922	0.634	1.853	218.402	
		3S	2.944	0.644	1.896	223.517	
		9S	6.083	0.691	4.203	165.181	
	Repetición N° 3	3SP	2.916	1.155	3.368	132.353	
		3S	2.964	0.605	1.793	211.407	
		3S	2.92	0.659	1.924	226.858	
		3S	2.92	0.615	1.796	211.711	
		9S	6.006	0.648	3.892	152.942	
Tratamiento N°2	Repetición N° 1	3SP	2.935	1.077	3.161	124.205	
		3P	0.916	1.603	1.469	173.170	
		3P	0.925	1.657	1.533	180.762	
		3P	0.924	1.590	1.469	173.141	
		9P	0.815	4.229	3.446	135.407	
	Repetición N° 2	3PS	1.486	1.514	2.250	88.432	
		3P	0.927	1.537	1.425	167.973	
		3P	0.941	1.701	1.600	188.637	
		3P	0.959	1.537	1.474	173.832	
		9P	0.825	4.200	3.466	136.221	
	Repetición N° 3	3PS	1.769	1.496	2.646	103.998	
		3P	0.896	1.490	1.335	157.391	
		3P	0.962	1.551	1.493	175.964	
		3P	0.925	1.512	1.399	164.885	
9P		0.809	4.024	3.255	127.895		
		3PS	1.754	1.419	2.489	97.827	

FICHA DE REGISTRO DE MAGNITUDES ELÉCTRICAS EN CIRCUITO ABIERTO						
Fecha:		25/04/2022		Hora:		08:00 horas
Tratamiento	Repetición	Configuración	Niveles de Voltaje (V)	Intensidad de Corriente (mA)	Potencia Eléctrica (mW)	Densidad de Potencia Eléctrica (mW/m ²)
Tratamiento N°1	Repetición N° 1	3S	2.557	0.612	1.565	184.488
		3S	2.534	0.584	1.480	174.464
		3S	2.574	0.583	1.501	176.915
		9S	5.137	0.617	3.170	124.555
		3SP	2.356	0.991	2.335	91.752
	Repetición N° 2	3S	2.538	0.618	1.568	184.913
		3S	2.537	0.588	1.492	175.867
		3S	2.531	0.59	1.493	176.048
		9S	5.126	0.623	3.193	125.497
	Repetición N° 3	3SP	2.325	0.947	2.202	86.537
		3S	2.494	0.614	1.531	180.531
		3S	2.527	0.596	1.506	177.557
		3S	2.548	0.629	1.603	188.945
		9S	5.017	0.638	3.201	125.785
	Tratamiento N°2	Repetición N° 1	3SP	2.314	1.045	2.418
3P			0.823	1.466	1.207	142.239
3P			0.797	1.431	1.141	134.457
3P			0.759	1.571	1.193	140.636
9P			0.669	3.860	2.583	101.496
Repetición N° 2		3PS	1.435	1.395	2.002	78.685
		3P	0.783	1.634	1.279	150.770
		3P	0.774	1.546	1.197	141.131
		3P	0.775	1.467	1.137	134.093
		9P	0.661	4.086	2.703	106.208
Repetición N° 3		3PS	1.428	1.454	2.077	81.613
		3P	0.419	1.412	0.592	69.749
		3P	0.773	1.470	1.137	134.020
		3P	0.792	1.356	1.074	126.558
		9P	0.545	3.642	1.986	78.049
Tratamiento N°1	Repetición N° 1	3PS	1.040	1.311	1.363	53.580
		3S	2.492	0.59	1.470	173.335
		3S	2.472	0.568	1.404	165.532
		3S	2.487	0.556	1.383	163.019
		9S	4.886	0.584	2.853	112.132
	Repetición N° 2	3SP	2.484	1.010	2.509	98.578
		3S	2.479	0.591	1.465	172.723
		3S	2.558	0.593	1.517	178.831
		3S	2.439	0.577	1.407	165.911
		9S	5.198	0.605	3.145	123.582
	Repetición N° 3	3SP	2.492	1.007	2.509	98.615
		3S	2.47	0.601	1.484	175.008
		3S	2.533	0.601	1.522	179.472
		3S	2.52	0.61	1.537	181.224
		9S	5.084	0.614	3.122	122.670
Tratamiento N°2	Repetición N° 1	3SP	2.508	0.930	2.332	91.647
		3P	0.767	1.548	1.187	139.976
		3P	0.738	1.447	1.068	125.953
		3P	0.704	1.431	1.008	118.824

FICHA DE REGISTRO DE MAGNITUDES ELÉCTRICAS EN CIRCUITO ABIERTO							
		9P	0.624	3.890	2.426	95.321	
		3PS	1.260	1.362	1.716	67.421	
	Repetición N° 2	3P	0.709	1.389	0.984	116.046	
		3P	0.731	1.438	1.051	123.870	
		3P	0.723	1.490	1.078	127.061	
		9P	0.614	3.758	2.307	90.659	
		3PS	1.201	1.325	1.591	62.518	
	Repetición N° 3	3P	0.426	1.359	0.579	68.305	
		3P	0.726	1.438	1.044	123.022	
		3P	0.741	1.456	1.079	127.194	
		9P	0.536	3.614	1.937	76.123	
		3PS	0.935	1.319	1.233	48.464	
	Fecha:		25/04/2022		Hora:		20:00 horas
	Tratamiento	Repetición	Configuración	Niveles de Voltaje (V)	Intensidad de Corriente (mA)	Potencia Eléctrica (mW)	Densidad de Potencia Eléctrica (mW/m ²)
Tratamiento N°1	Repetición N° 1	3S	2.878	0.658	1.894	223.256	
		3S	2.876	0.619	1.780	209.878	
		3S	2.919	0.631	1.842	217.145	
		9S	6.01	0.66	3.967	155.878	
		3SP	2.891	1.139	3.293	129.401	
	Repetición N° 2	3S	2.901	0.65	1.886	222.304	
		3S	2.848	0.629	1.791	211.192	
		3S	2.817	0.635	1.789	210.886	
		9S	6.12	0.663	4.058	159.452	
	Repetición N° 3	3SP	2.855	1.105	3.155	123.989	
		3S	2.802	0.659	1.847	217.691	
		3S	2.893	0.64	1.852	218.280	
		3S	2.874	0.665	1.911	225.317	
		9S	5.875	0.67	3.936	154.685	
Tratamiento N°2	Repetición N° 1	3SP	2.856	1.047	2.991	117.522	
		3P	0.972	1.603	1.558	183.690	
		3P	0.923	1.523	1.405	165.665	
		3P	0.909	1.550	1.409	166.105	
		9P	0.817	4.113	3.358	131.980	
	Repetición N° 2	3PS	1.538	1.433	2.203	86.591	
		3P	0.919	1.638	1.505	177.402	
		3P	0.940	1.571	1.477	174.097	
		3P	0.911	1.543	1.406	165.718	
		9P	0.807	4.196	3.387	133.105	
	Repetición N° 3	3PS	1.562	1.486	2.321	91.195	
		3P	0.901	1.612	1.452	171.229	
		3P	0.916	1.538	1.409	166.148	
		3P	0.936	1.542	1.444	170.216	
9P		0.807	4.190	3.381	132.860		
		3PS	1.576	1.457	2.296	90.217	

FICHA DE REGISTRO DE MAGNITUDES ELÉCTRICAS EN CIRCUITO ABIERTO							
Fecha:		26/04/2022		Hora:		08:00 horas	
Tratamiento	Repetición	Configuración	Niveles de Voltaje (V)	Intensidad de Corriente (mA)	Potencia Eléctrica (mW)	Densidad de Potencia Eléctrica (mW/m ²)	
Tratamiento N°1	Repetición N° 1	3S	2.462	0.583	1.435	169.217	
		3S	2.507	0.567	1.421	167.581	
		3S	2.503	0.612	1.532	180.592	
		9S	4.93	0.604	2.978	117.017	
		3SP	2.289	0.975	2.231	87.690	
	Repetición N° 2	3S	2.512	0.633	1.590	187.460	
		3S	2.602	0.613	1.595	188.042	
		3S	2.548	0.625	1.593	187.744	
		9S	5.177	0.641	3.318	130.407	
	Repetición N° 3	3SP	2.353	0.995	2.341	92.005	
		3S	2.504	0.624	1.562	184.207	
		3S	2.463	0.59	1.453	171.318	
		3S	2.501	0.598	1.496	176.320	
	Tratamiento N°2	Repetición N° 1	9S	5.229	0.623	3.258	128.018
			3SP	2.280	0.950	2.166	85.131
3P			0.787	1.499	1.180	139.079	
3P			0.814	1.530	1.245	146.826	
3P			0.762	1.457	1.110	130.831	
Repetición N° 2		9P	0.675	3.904	2.633	103.489	
		3PS	1.452	1.378	2.000	78.611	
		3P	0.762	1.459	1.111	131.011	
		3P	0.739	1.504	1.112	131.091	
Repetición N° 3		3P	0.776	1.586	1.231	145.157	
		9P	0.648	3.960	2.567	100.858	
		3PS	1.363	1.405	1.915	75.274	
		3P	0.459	1.584	0.728	85.777	
		3P	0.804	1.414	1.136	133.971	
		3P	0.778	1.371	1.067	125.803	
Repetición N° 3	9P	0.565	3.843	2.173	85.394		
	3PS	1.118	1.351	1.511	59.373		
	3PS	1.118	1.351	1.511	59.373		
Fecha:		26/04/2022		Hora:		14:00 horas	
Tratamiento	Repetición	Configuración	Niveles de Voltaje (V)	Intensidad de Corriente (mA)	Potencia Eléctrica (mW)	Densidad de Potencia Eléctrica (mW/m ²)	
Tratamiento N°1	Repetición N° 1	3S	2.487	0.582	1.447	170.642	
		3S	2.52	0.58	1.462	172.312	
		3S	2.482	0.611	1.517	178.784	
		9S	5.092	0.608	3.096	121.663	
		3SP	2.496	1.003	2.504	98.394	
	Repetición N° 2	3S	2.539	0.646	1.640	193.367	
		3S	2.63	0.622	1.636	192.856	
		3S	2.532	0.626	1.585	186.863	
		9S	5.458	0.644	3.515	138.129	
	Repetición N° 3	3SP	2.567	1.046	2.685	105.517	
		3S	2.574	0.648	1.668	196.639	
		3S	2.412	0.554	1.336	157.534	
		3S	2.455	0.591	1.451	171.051	
		9S	5.063	0.61	3.088	121.368	
	Repetición N° 3	3SP	2.480	1.034	2.565	100.785	
3P		0.726	1.380	1.001	118.060		
3P		0.747	1.335	0.997	117.515		
Tratamiento N°2	Repetición N° 1	3P	0.702	1.322	0.928	109.409	
		3P	0.702	1.322	0.928	109.409	

FICHA DE REGISTRO DE MAGNITUDES ELÉCTRICAS EN CIRCUITO ABIERTO							
		9P	0.615	3.398	2.089	82.093	
		3PS	1.221	1.220	1.490	58.554	
	Repetición N° 2	3P	0.710	1.389	0.986	116.264	
		3P	0.693	1.377	0.954	112.500	
		3P	0.718	1.459	1.048	123.500	
		9P	0.599	3.605	2.159	84.859	
		3PS	1.178	1.281	1.509	59.301	
	Repetición N° 3	3P	0.451	1.452	0.655	77.202	
		3P	0.740	1.356	1.004	118.351	
		3P	0.722	1.393	1.006	118.625	
		9P	0.520	3.637	1.891	74.305	
		3PS	0.969	1.284	1.244	48.877	
	Fecha:		26/04/2022		Hora:		20:00 horas
	Tratamiento	Repetición	Configuración	Niveles de Voltaje (V)	Intensidad de Corriente (mA)	Potencia Eléctrica (mW)	Densidad de Potencia Eléctrica (mW/m ²)
Tratamiento N°1	Repetición N° 1	3S	2.856	0.632	1.805	212.795	
		3S	2.814	0.605	1.702	200.709	
		3S	2.841	0.646	1.835	216.367	
		9S	5.952	0.663	3.946	155.075	
		3SP	2.837	1.050	2.979	117.061	
	Repetición N° 2	3S	2.898	0.698	2.023	238.474	
		3S	2.932	0.655	1.920	226.408	
		3S	2.825	0.662	1.870	220.477	
		9S	6.049	0.706	4.271	167.824	
	Repetición N° 3	3SP	2.885	1.049	3.026	118.929	
		3S	2.842	0.668	1.898	223.814	
		3S	2.824	0.63	1.779	209.745	
		3S	2.893	0.647	1.872	220.668	
		9S	5.938	0.677	4.020	157.977	
Tratamiento N°2	Repetición N° 1	3SP	2.853	1.168	3.332	130.951	
		3P	0.929	1.530	1.421	167.569	
		3P	0.958	1.539	1.474	173.756	
		3P	0.910	1.595	1.451	171.052	
		9P	0.814	4.014	3.268	128.418	
	Repetición N° 2	3PS	1.599	1.461	2.337	91.824	
		3P	0.900	1.579	1.422	167.599	
		3P	0.885	1.549	1.370	161.554	
		3P	0.923	1.699	1.569	184.943	
		9P	0.788	4.304	3.391	133.242	
	Repetición N° 3	3PS	1.454	1.482	2.155	84.699	
		3P	0.937	1.614	1.513	178.354	
		3P	0.935	1.635	1.529	180.225	
		3P	0.917	1.492	1.368	161.296	
9P		0.821	4.100	3.365	132.244		
		3PS	1.487	1.485	2.209	86.796	

FICHA DE REGISTRO DE MAGNITUDES ELÉCTRICAS EN CIRCUITO ABIERTO							
Fecha:		27/04/2022		Hora:		08:00 horas	
Tratamiento	Repetición	Configuración	Niveles de Voltaje (V)	Intensidad de Corriente (mA)	Potencia Eléctrica (mW)	Densidad de Potencia Eléctrica (mW/m²)	
Tratamiento N°1	Repetición N° 1	3S	2.498	0.579	1.446	170.513	
		3S	2.504	0.616	1.542	181.845	
		3S	2.413	0.559	1.349	159.021	
		9S	4.919	0.597	2.937	115.403	
		3SP	2.268	0.970	2.200	86.440	
	Repetición N° 2	3S	2.429	0.604	1.467	172.962	
		3S	2.541	0.617	1.568	184.832	
		3S	2.525	0.579	1.462	172.356	
		9S	5.147	0.622	3.201	125.808	
	Repetición N° 3	3SP	2.294	1.042	2.391	93.948	
		3S	2.525	0.574	1.449	170.868	
		3S	2.498	0.603	1.506	177.581	
		3S	2.545	0.646	1.644	193.824	
	Tratamiento N°2	Repetición N° 1	9S	5.222	0.632	3.300	129.694
			3SP	2.318	0.995	2.306	90.623
3P			0.739	1.479	1.092	128.796	
3P			0.739	1.493	1.104	130.133	
3P			0.733	1.559	1.143	134.783	
Repetición N° 2		9P	0.618	3.985	2.463	96.797	
		3PS	1.272	1.408	1.791	70.399	
		3P	0.737	1.414	1.042	122.858	
		3P	0.737	1.620	1.193	140.693	
Repetición N° 3		3P	0.760	1.481	1.125	132.637	
		9P	0.623	3.882	2.420	95.108	
		3PS	1.320	1.407	1.858	73.003	
		3P	0.400	1.618	0.647	76.300	
		3P	0.742	1.541	1.143	134.740	
		3P	0.750	1.555	1.166	137.431	
Fecha:		27/04/2022		Hora:		14:00 horas	
Tratamiento	Repetición	Configuración	Niveles de Voltaje (V)	Intensidad de Corriente (mA)	Potencia Eléctrica (mW)	Densidad de Potencia Eléctrica (mW/m²)	
Tratamiento N°1	Repetición N° 1	3P	0.984	1.441	1.418	55.741	
		3P	2.4	0.557	1.337	157.599	
		3S	2.504	0.617	1.545	182.140	
		3S	2.473	0.572	1.415	166.766	
		9S	4.795	0.597	2.863	112.494	
	Repetición N° 2	3SP	2.459	1.014	2.493	97.985	
		3S	2.525	0.629	1.588	187.240	
		3S	2.507	0.597	1.497	176.447	
		3S	2.451	0.559	1.370	161.526	
	Repetición N° 3	9S	5.148	0.612	3.151	123.810	
		3SP	2.494	0.942	2.350	92.336	
		3S	2.549	0.585	1.491	175.797	
		3S	2.461	0.596	1.467	172.920	
		3S	2.436	0.611	1.488	175.471	
		9S	4.916	0.614	3.018	118.617	
Tratamiento N°2	Repetición N° 1	3SP	2.482	0.992	2.462	96.756	
		3P	0.694	1.470	1.021	120.329	
		3P	0.682	1.434	0.978	115.297	
		3P	0.694	1.309	0.909	107.150	

FICHA DE REGISTRO DE MAGNITUDES ELÉCTRICAS EN CIRCUITO ABIERTO							
		9P	0.594	3.563	2.117	83.201	
		3PS	1.106	1.301	1.438	56.528	
	Repetición N° 2	3P	0.666	1.459	0.972	114.613	
		3P	0.677	1.397	0.946	111.554	
		3P	0.698	1.533	1.071	126.209	
		9P	0.569	3.743	2.129	83.646	
		3PS	1.085	1.349	1.464	57.518	
	Repetición N° 3	3P	0.399	1.429	0.570	67.163	
		3P	0.681	1.379	0.939	110.713	
		3P	0.692	1.403	0.971	114.514	
		9P	0.479	3.690	1.766	69.410	
		3PS	0.805	1.310	1.055	41.441	
	Fecha:		27/04/2022		Hora:		20:00 horas
	Tratamiento	Repetición	Configuración	Niveles de Voltaje (V)	Intensidad de Corriente (mA)	Potencia Eléctrica (mW)	Densidad de Potencia Eléctrica (mW/m ²)
Tratamiento N°1	Repetición N° 1	3S	2.747	0.637	1.750	206.293	
		3S	2.791	0.674	1.881	221.772	
		3S	2.819	0.634	1.787	210.703	
		9S	5.725	0.67	3.836	150.735	
		3SP	2.786	1.084	3.020	118.665	
	Repetición N° 2	3S	2.772	0.661	1.832	216.014	
		3S	2.815	0.665	1.872	220.692	
		3S	2.873	0.629	1.807	213.046	
		9S	5.934	0.684	4.059	159.503	
	Repetición N° 3	3SP	2.820	1.156	3.260	128.107	
		3S	2.877	0.63	1.813	213.681	
		3S	2.744	0.645	1.770	208.656	
		3S	2.826	0.678	1.916	225.885	
		9S	5.66	0.685	3.877	152.360	
Tratamiento N°2	Repetición N° 1	3SP	2.816	1.133	3.190	125.365	
		3P	0.883	1.685	1.488	175.407	
		3P	0.882	1.590	1.402	165.268	
		3P	0.867	1.523	1.321	155.730	
		9P	0.768	4.231	3.251	127.749	
	Repetición N° 2	3PS	1.586	1.474	2.338	91.868	
		3P	0.874	1.539	1.346	158.636	
		3P	0.862	1.534	1.322	155.890	
		3P	0.896	1.660	1.487	175.349	
		9P	0.772	4.088	3.158	124.092	
	Repetición N° 3	3PS	1.509	1.452	2.192	86.123	
		3P	0.869	1.671	1.452	171.126	
		3P	0.888	1.618	1.437	169.450	
		3P	0.900	1.712	1.541	181.716	
9P		0.786	4.480	3.520	138.338		
		3PS	1.425	1.546	2.204	86.595	

FICHA DE REGISTRO DE MAGNITUDES ELÉCTRICAS EN CIRCUITO ABIERTO						
Fecha:		28/04/2022		Hora:		08:00 horas
Tratamiento	Repetición	Configuración	Niveles de Voltaje (V)	Intensidad de Corriente (mA)	Potencia Eléctrica (mW)	Densidad de Potencia Eléctrica (mW/m ²)
Tratamiento N°1	Repetición N° 1	3S	2.309	0.565	1.305	153.801
		3S	2.117	0.586	1.241	146.253
		3S	2.238	0.645	1.444	170.179
		9S	4.295	0.612	2.629	103.295
		3SP	2.015	1.012	2.040	80.148
	Repetición N° 2	3S	2.19	0.62	1.358	160.075
		3S	2.211	0.565	1.249	147.273
		3S	2.189	0.565	1.237	145.808
		9S	4.123	0.613	2.527	99.321
	Repetición N° 3	3SP	1.998	0.934	1.866	73.322
		3S	2.21	0.59	1.304	153.720
		3S	2.386	0.662	1.580	186.215
		3S	2.104	0.61	1.283	151.308
		9S	4.269	0.648	2.766	108.709
	Tratamiento N°2	Repetición N° 1	3SP	2.034	1.052	2.140
3P			0.726	1.630	1.184	139.576
3P			0.742	1.672	1.240	146.195
3P			0.739	1.438	1.063	125.339
9P			0.614	4.201	2.578	101.328
Repetición N° 2		3PS	1.272	1.478	1.881	73.899
		3P	0.716	1.589	1.138	134.129
		3P	0.726	1.390	1.009	118.970
		3P	0.746	1.404	1.047	123.479
Repetición N° 3		9P	0.606	3.780	2.292	90.068
		3PS	1.275	1.331	1.697	66.689
		3P	0.384	1.523	0.584	68.887
		3P	0.721	1.613	1.164	137.169
		3P	0.754	1.627	1.227	144.626
		9P	0.501	4.178	2.092	82.202
Fecha:		28/04/2022		Hora:		14:00 horas
Tratamiento	Repetición	Configuración	Niveles de Voltaje (V)	Intensidad de Corriente (mA)	Potencia Eléctrica (mW)	Densidad de Potencia Eléctrica (mW/m ²)
Tratamiento N°1	Repetición N° 1	3P	0.912	1.480	1.350	53.042
		3S	2.329	0.581	1.353	159.526
		3S	2.113	0.6	1.268	149.464
		3S	2.185	0.632	1.381	162.800
		9S	4.212	0.624	2.628	103.285
	Repetición N° 2	3SP	2.209	0.987	2.180	85.680
		3S	2.072	0.591	1.225	144.366
		3S	2.172	0.565	1.227	144.675
		3S	2.117	0.54	1.143	134.772
	Repetición N° 3	9S	3.941	0.579	2.282	89.671
		3SP	2.120	1.015	2.152	84.574
		3S	2.131	0.559	1.191	140.437
		3S	2.322	0.641	1.488	175.472
		3S	2.023	0.579	1.171	138.090
		9S	3.934	0.608	2.392	93.995
Tratamiento N°2	Repetición N° 1	3SP	2.159	0.935	2.018	79.316
		3P	0.673	1.561	1.051	123.852
		3P	0.682	1.490	1.016	119.741
		3P	0.700	1.415	0.990	116.717

FICHA DE REGISTRO DE MAGNITUDES ELÉCTRICAS EN CIRCUITO ABIERTO							
		9P	0.584	3.826	2.234	87.772	
		3PS	1.098	1.397	1.534	60.297	
	Repetición N° 2	3P	0.653	1.367	0.892	105.183	
		3P	0.670	1.286	0.862	101.629	
		3P	0.696	1.319	0.918	108.176	
		9P	0.560	3.430	1.920	75.468	
		3PS	1.050	1.217	1.277	50.200	
		3P	0.388	1.300	0.504	59.465	
	Repetición N° 3	3P	0.677	1.407	0.953	112.353	
		3P	0.679	1.544	1.049	123.656	
		9P	0.477	3.604	1.718	67.494	
		3PS	0.792	1.305	1.033	40.599	
	Fecha:		28/04/2022		Hora:		20:00 horas
	Tratamiento	Repetición	Configuración	Niveles de Voltaje (V)	Intensidad de Corriente (mA)	Potencia Eléctrica (mW)	Densidad de Potencia Eléctrica (mW/m ²)
Tratamiento N°1	Repetición N° 1	3S	2.627	0.608	1.597	188.300	
		3S	2.497	0.631	1.576	185.752	
		3S	2.538	0.666	1.690	199.275	
		9S	4.96	0.661	3.279	128.839	
		3SP	2.554	1.147	2.929	115.120	
	Repetición N° 2	3S	2.468	0.658	1.624	191.451	
		3S	2.551	0.616	1.571	185.258	
		3S	2.54	0.607	1.542	181.764	
		9S	5.013	0.653	3.273	128.640	
	Repetición N° 3	3SP	2.520	1.005	2.532	99.512	
		3S	2.517	0.642	1.616	190.504	
		3S	2.636	0.674	1.777	209.455	
		3S	2.431	0.638	1.551	182.849	
		9S	4.973	0.675	3.357	131.913	
Tratamiento N°2	Repetición N° 1	3SP	2.528	1.095	2.768	108.782	
		3P	0.877	1.672	1.466	172.871	
		3P	0.885	1.615	1.429	168.437	
		3P	0.887	1.539	1.365	160.874	
		9P	0.765	4.267	3.263	128.240	
	Repetición N° 2	3PS	1.456	1.488	2.167	85.159	
		3P	0.864	1.660	1.434	169.021	
		3P	0.855	1.620	1.385	163.293	
		3P	0.897	1.492	1.338	157.778	
		9P	0.757	4.252	3.218	126.471	
	Repetición N° 3	3PS	1.536	1.493	2.293	90.099	
		3P	0.870	1.634	1.421	167.529	
		3P	0.874	1.542	1.348	158.945	
		3P	0.895	1.630	1.459	171.988	
9P		0.767	4.210	3.228	126.839		
		3PS	1.349	1.477	1.992	78.299	

FICHA DE REGISTRO DE MAGNITUDES ELÉCTRICAS EN CIRCUITO ABIERTO						
Fecha:		29/04/2022		Hora:		08:00 horas
Tratamiento	Repetición	Configuración	Niveles de Voltaje (V)	Intensidad de Corriente (mA)	Potencia Eléctrica (mW)	Densidad de Potencia Eléctrica (mW/m ²)
Tratamiento N°1	Repetición N° 1	3S	2.466	0.601	1.482	174.725
		3S	2.388	0.612	1.461	172.295
		3S	2.257	0.641	1.447	170.560
		9S	4.617	0.628	2.899	113.942
		3SP	2.161	0.946	2.045	80.349
	Repetición N° 2	3S	2.425	0.6	1.455	171.534
		3S	2.375	0.61	1.449	170.797
		3S	2.381	0.624	1.486	175.158
		9S	4.667	0.639	2.982	117.194
		3SP	2.189	1.074	2.351	92.374
	Repetición N° 3	3S	2.381	0.646	1.538	181.334
		3S	2.365	0.602	1.424	167.847
		3S	2.422	0.621	1.504	177.318
		9S	4.952	0.648	3.209	126.102
		3SP	2.182	1.110	2.422	95.194
Tratamiento N°2	Repetición N° 1	3P	0.717	1.372	0.984	116.028
		3P	0.725	1.595	1.157	136.391
		3P	0.745	1.480	1.102	129.930
		9P	0.614	3.858	2.369	93.105
		3PS	1.254	1.376	1.726	67.826
	Repetición N° 2	3P	0.728	1.561	1.136	133.974
		3P	0.733	1.504	1.102	129.909
		3P	0.741	1.351	1.002	118.074
		9P	0.611	3.791	2.316	91.025
		3PS	1.253	1.344	1.684	66.178
	Repetición N° 3	3P	0.406	1.461	0.593	69.930
		3P	0.725	1.439	1.043	122.938
		3P	0.727	1.405	1.022	120.475
		9P	0.494	3.743	1.850	72.712
		3PS	0.957	1.341	1.283	50.432
Fecha:		29/04/2022		Hora:		14:00 horas
Tratamiento	Repetición	Configuración	Niveles de Voltaje (V)	Intensidad de Corriente (mA)	Potencia Eléctrica (mW)	Densidad de Potencia Eléctrica (mW/m ²)
Tratamiento N°1	Repetición N° 1	3S	2.376	0.578	1.373	161.905
		3S	2.353	0.582	1.369	161.447
		3S	2.282	0.616	1.406	165.723
		9S	4.505	0.604	2.721	106.929
		3SP	2.337	0.953	2.227	87.522
	Repetición N° 2	3S	2.36	0.62	1.463	172.500
		3S	2.442	0.583	1.424	167.842
		3S	2.349	0.611	1.435	169.204
		9S	4.559	0.615	2.804	110.182
		3SP	2.384	0.949	2.262	88.895
	Repetición N° 3	3S	2.39	0.637	1.522	179.483
		3S	2.409	0.576	1.388	163.586
		3S	2.38	0.605	1.440	169.753
		9S	4.955	0.622	3.082	121.115
		3SP	2.393	0.985	2.357	92.628
Tratamiento N°2	Repetición N° 1	3P	0.666	1.280	0.853	100.551
		3P	0.687	1.279	0.878	103.539
		3P	0.682	1.341	0.915	107.873

FICHA DE REGISTRO DE MAGNITUDES ELÉCTRICAS EN CIRCUITO ABIERTO							
		9P	0.562	3.315	1.865	73.270	
		3PS	1.074	1.184	1.272	49.987	
	Repetición N° 2	3P	0.683	1.548	1.058	124.707	
		3P	0.669	1.491	0.998	117.654	
		3P	0.696	1.371	0.955	112.549	
		9P	0.585	3.851	2.253	88.531	
		3PS	1.107	1.371	1.518	59.642	
	Repetición N° 3	3P	0.401	1.322	0.530	62.497	
		3P	0.679	1.460	0.991	116.872	
		3P	0.668	1.444	0.965	113.718	
		9P	0.475	3.722	1.767	69.427	
		3PS	0.779	1.305	1.017	39.950	
	Fecha:		29/04/2022		Hora:		20:00 horas
	Tratamiento	Repetición	Configuración	Niveles de Voltaje (V)	Intensidad de Corriente (mA)	Potencia Eléctrica (mW)	Densidad de Potencia Eléctrica (mW/m ²)
Tratamiento N°1	Repetición N° 1	3S	2.761	0.641	1.770	208.646	
		3S	2.736	0.636	1.740	205.144	
		3S	2.661	0.662	1.762	207.677	
		9S	5.465	0.672	3.672	144.319	
		3SP	2.719	1.072	2.915	114.557	
	Repetición N° 2	3S	2.741	0.656	1.798	211.982	
		3S	2.733	0.629	1.719	202.664	
		3S	2.756	0.661	1.822	214.767	
		9S	5.741	0.664	3.812	149.803	
	Repetición N° 3	3SP	2.743	1.043	2.861	112.442	
		3S	2.78	0.677	1.882	221.881	
		3S	2.772	0.625	1.733	204.249	
		3S	2.759	0.65	1.793	211.423	
		9S	5.803	0.686	3.981	156.438	
Tratamiento N°2	Repetición N° 1	3SP	2.770	1.044	2.892	113.657	
		3P	0.866	1.449	1.255	147.993	
		3P	0.877	1.610	1.412	166.461	
		3P	0.881	1.635	1.440	169.817	
	Repetición N° 2	9P	0.778	4.152	3.229	126.905	
		3PS	1.431	1.435	2.054	80.716	
		3P	0.887	1.685	1.495	176.202	
		3P	0.877	1.679	1.473	173.661	
		3P	0.888	1.505	1.336	157.497	
	Repetición N° 3	9P	0.764	4.256	3.252	127.779	
		3PS	1.589	1.511	2.401	94.353	
		3P	0.877	1.502	1.318	155.353	
		3P	0.880	1.587	1.396	164.582	
		3P	0.877	1.626	1.425	168.051	
		9P	0.766	4.152	3.180	124.965	
		3PS	1.639	1.446	2.370	93.116	

FICHA DE REGISTRO DE MAGNITUDES ELÉCTRICAS EN CIRCUITO CERRADO							
Fecha:		05/04/2022		Hora:		08:00 horas	
Tratamiento	Repetición	Configuración	Niveles de Voltaje (V)	Intensidad de Corriente (mA)	Potencia Eléctrica (mW)	Densidad de Potencia Eléctrica (mW/m ²)	
Tratamiento N°1	Repetición N° 1	3S	1.634	0.372	0.608	71.661	
		3S	1.598	0.353	0.564	66.502	
		3S	1.708	0.43	0.734	86.585	
		9S	2.736	0.418	1.144	69.434	
		3SP	1.284	0.683	0.877	63.742	
	Repetición N° 2	3S	1.543	0.355	0.548	64.577	
		3S	1.476	0.391	0.577	68.038	
		3S	1.483	0.345	0.512	60.318	
		9S	2.703	0.371	1.003	63.162	
	Repetición N° 3	3SP	1.206	0.839	1.012	62.864	
		3S	1.577	0.345	0.544	64.141	
		3S	1.465	0.437	0.640	75.475	
		3S	1.535	0.39	0.599	70.576	
	Tratamiento N°2	Repetición N° 1	9S	2.553	0.419	1.070	68.967
			3SP	1.203	0.761	0.915	68.509
3P			0.404	0.846	0.342	71.661	
3P			0.334	0.911	0.304	66.502	
3P			0.429	0.961	0.413	86.585	
Repetición N° 2		9P	0.455	2.247	1.023	44.943	
		3PS	0.424	0.783	0.332	34.454	
		3P	0.394	1.065	0.420	64.577	
		3P	0.381	0.996	0.379	68.038	
Repetición N° 3		3P	0.383	0.969	0.371	60.318	
		9P	0.396	2.642	1.047	39.408	
		3PS	0.148	0.886	0.131	39.752	
		3P	0.186	1.025	0.190	64.141	
		3P	0.142	0.870	0.123	75.475	
		3P	0.459	0.864	0.396	70.576	
Fecha:		05/04/2022		Hora:		14:00 horas	
Tratamiento	Repetición	Configuración	Niveles de Voltaje (V)	Intensidad de Corriente (mA)	Potencia Eléctrica (mW)	Densidad de Potencia Eléctrica (mW/m ²)	
Tratamiento N°1	Repetición N° 1	9P	0.545	2.367	1.289	42.037	
		3PS	0.444	0.848	0.377	35.966	
		3S	1.498	0.333	0.499	58.809	
		3S	1.382	0.365	0.504	59.469	
		3S	1.621	0.339	0.550	64.784	
	Repetición N° 2	9S	2.325	0.365	0.849	33.349	
		3SP	1.500	0.712	1.068	41.979	
		3S	1.641	0.354	0.581	68.485	
		3S	1.402	0.394	0.552	65.122	
	Repetición N° 3	3S	1.762	0.368	0.648	76.443	
		9S	2.776	0.4	1.110	43.636	
		3SP	1.602	0.790	1.265	49.724	
		3S	1.634	0.393	0.642	75.706	
		3S	1.504	0.306	0.460	54.257	
		3S	1.564	0.362	0.566	66.747	
Tratamiento N°2	Repetición N° 1	9S	2.503	0.35	0.876	34.427	
		3SP	1.567	0.688	1.078	42.376	
		3P	0.357	0.858	0.306	58.809	
		3P	0.306	0.704	0.215	59.469	
		3P	0.375	0.888	0.333	64.784	

FICHA DE REGISTRO DE MAGNITUDES ELÉCTRICAS EN CIRCUITO CERRADO								
	Repetición N° 2	9P	0.328	1.896	0.622	33.349		
		3PS	0.371	0.724	0.268	41.979		
		3P	0.337	0.817	0.275	68.485		
		3P	0.085	0.832	0.071	65.122		
		3P	0.334	0.931	0.311	76.443		
		9P	0.361	2.080	0.750	43.636		
		3PS	0.096	0.745	0.072	49.724		
	Repetición N° 3	3P	0.096	0.791	0.076	75.706		
		3P	0.006	0.858	0.005	54.257		
		3P	0.335	0.971	0.326	66.747		
		9P	0.333	2.134	0.710	34.427		
		3PS	0.029	0.707	0.021	42.376		
		Fecha:		05/04/2022		Hora:		20:00 horas
		Tratamiento	Repetición	Configuración	Niveles de Voltaje (V)	Intensidad de Corriente (mA)	Potencia Eléctrica (mW)	Densidad de Potencia Eléctrica (mW/m ²)
Tratamiento N°1	Repetición N° 1	3S	1.808	0.383	0.692	98.0489		
		3S	1.858	0.443	0.823	100.7604		
		3S	2.032	0.397	0.807	113.3108		
		9S	3.681	0.401	1.476	69.4340		
		3SP	1.899	0.805	1.529	63.7418		
	Repetición N° 2	3S	1.939	0.431	0.836	105.6103		
		3S	1.816	0.434	0.788	98.9109		
		3S	2.027	0.417	0.845	113.9878		
		9S	3.221	0.444	1.430	63.1621		
		3SP	1.927	0.767	1.478	62.8637		
	Repetición N° 3	3S	1.934	0.387	0.748	103.7419		
		3S	1.935	0.459	0.888	110.4111		
		3S	1.91	0.399	0.762	104.9314		
		9S	3.626	0.416	1.508	68.9665		
3SP		1.926	0.854	1.645	68.5086			
Tratamiento N°2	Repetición N° 1	3P	0.549	1.063	0.584	98.049		
		3P	0.495	0.919	0.455	100.760		
		3P	0.569	0.912	0.519	113.311		
		9P	0.542	2.604	1.411	69.434		
		3PS	0.553	0.835	0.461	63.742		
	Repetición N° 2	3P	0.552	1.147	0.633	105.610		
		3P	0.570	1.115	0.636	98.911		
		3P	0.535	0.953	0.510	113.988		
		9P	0.548	2.666	1.462	63.162		
		3PS	0.312	0.953	0.297	62.864		
	Repetición N° 3	3P	0.334	1.071	0.357	103.742		
		3P	0.338	0.911	0.308	110.411		
		3P	0.904	0.955	0.863	104.931		
		9P	0.873	2.566	2.241	68.967		
3PS		0.940	0.933	0.877	68.509			

FICHA DE REGISTRO DE MAGNITUDES ELÉCTRICAS EN CIRCUITO CERRADO						
Fecha:		06/04/2022		Hora:		08:00 horas
Tratamiento	Repetición	Configuración	Niveles de Voltaje (V)	Intensidad de Corriente (mA)	Potencia Eléctrica (mW)	Densidad de Potencia Eléctrica (mW/m ²)
Tratamiento N°1	Repetición N° 1	3S	1.384	0.368	0.509	60.044
		3S	1.78	0.397	0.707	83.310
		3S	1.75	0.376	0.658	77.573
		9S	2.715	0.409	1.110	69.533
		3SP	1.404	0.706	0.991	74.080
	Repetición N° 2	3S	1.641	0.342	0.561	66.164
		3S	1.532	0.326	0.499	58.879
		3S	1.599	0.397	0.635	74.839
		9S	2.549	0.395	1.007	70.788
	Repetición N° 3	3SP	1.252	0.789	0.988	68.718
		3S	1.651	0.398	0.657	77.467
		3S	1.435	0.379	0.544	64.118
		3S	1.717	0.338	0.580	68.418
		9S	2.485	0.336	0.835	70.467
	Tratamiento N°2	Repetición N° 1	3SP	1.309	0.789	1.033
3P			0.394	0.930	0.366	60.044
3P			0.398	0.962	0.383	83.310
3P			0.378	0.857	0.324	77.573
9P			0.379	2.334	0.884	43.637
Repetición N° 2		3PS	0.380	0.779	0.296	38.953
		3P	0.367	0.904	0.331	66.164
		3P	0.356	0.958	0.341	58.879
		3P	0.386	0.998	0.385	74.839
Repetición N° 3		9P	0.400	2.376	0.950	39.567
		3PS	0.154	0.796	0.122	38.809
		3P	0.131	0.924	0.121	77.467
		3P	0.141	0.963	0.135	64.118
		3P	0.469	1.102	0.516	68.418
		9P	0.394	2.437	0.961	32.812
Fecha:		06/04/2022		Hora:		14:00 horas
Tratamiento	Repetición	Configuración	Niveles de Voltaje (V)	Intensidad de Corriente (mA)	Potencia Eléctrica (mW)	Densidad de Potencia Eléctrica (mW/m ²)
Tratamiento N°1	Repetición N° 1	3P	0.879	0.386	40.587	
		3S	1.464	0.308	0.451	53.159
		3S	1.776	0.39	0.693	81.657
		3S	1.764	0.414	0.730	86.096
		9S	2.803	0.417	1.169	45.933
	Repetición N° 2	3SP	1.668	0.688	1.148	45.097
		3S	1.597	0.408	0.652	76.816
		3S	1.73	0.368	0.637	75.055
		3S	1.563	0.355	0.555	65.414
	Repetición N° 3	9S	2.85	0.402	1.146	45.023
		3SP	1.630	0.735	1.198	47.080
		3S	1.58	0.399	0.630	74.322
		3S	1.371	0.374	0.513	60.450
		3S	1.749	0.39	0.682	80.416
		9S	2.825	0.362	1.023	40.188
Tratamiento N°2	Repetición N° 1	3SP	1.567	0.703	1.101	43.281
		3P	0.336	0.926	0.311	53.159
		3P	0.354	0.832	0.295	81.657
		3P	0.322	0.921	0.297	86.096

FICHA DE REGISTRO DE MAGNITUDES ELÉCTRICAS EN CIRCUITO CERRADO							
		9P	0.309	2.120	0.656	45.933	
		3PS	0.356	0.773	0.275	45.097	
	Repetición N° 2	3P	0.342	0.929	0.317	76.816	
		3P	0.091	0.916	0.084	75.055	
		3P	0.336	0.894	0.300	65.414	
		9P	0.345	2.277	0.785	45.023	
		3PS	0.087	0.793	0.069	47.080	
	Repetición N° 3	3P	0.083	0.925	0.077	74.322	
		3P	0.006	0.999	0.006	60.450	
		3P	0.292	0.899	0.262	80.416	
		9P	0.330	2.287	0.755	40.188	
		3PS	0.062	0.827	0.051	43.281	
	Fecha:		06/04/2022		Hora:		20:00 horas
	Tratamiento	Repetición	Configuración	Niveles de Voltaje (V)	Intensidad de Corriente (mA)	Potencia Eléctrica (mW)	Densidad de Potencia Eléctrica (mW/m ²)
Tratamiento N°1	Repetición N° 1	3S	1.864	0.375	0.699	99.5475	
		3S	2.102	0.379	0.797	114.4883	
		3S	2.115	0.44	0.931	115.6950	
		9S	3.611	0.478	1.726	69.5326	
		3SP	2.027	0.884	1.792	74.0801	
	Repetición N° 2	3S	1.943	0.432	0.839	107.8897	
		3S	2.092	0.398	0.833	114.4369	
		3S	2.065	0.425	0.878	112.2296	
		9S	3.745	0.465	1.741	70.7884	
		3SP	2.033	0.784	1.594	68.7183	
	Repetición N° 3	3S	1.96	0.412	0.808	109.0648	
		3S	1.811	0.42	0.761	97.1441	
		3S	2.119	0.433	0.918	115.4142	
		9S	3.608	0.426	1.537	70.4674	
3SP		1.963	0.746	1.465	63.2664		
Tratamiento N°2	Repetición N° 1	3P	0.544	1.128	0.614	99.548	
		3P	0.548	0.988	0.541	114.488	
		3P	0.513	1.199	0.615	115.695	
		9P	0.507	2.716	1.378	69.533	
		3PS	0.556	0.981	0.546	74.080	
	Repetición N° 2	3P	0.545	1.042	0.568	107.890	
		3P	0.549	0.946	0.520	114.437	
		3P	0.552	0.970	0.535	112.230	
		9P	0.561	2.550	1.431	70.788	
		3PS	0.324	0.895	0.290	68.718	
	Repetición N° 3	3P	0.313	1.060	0.332	109.065	
		3P	0.338	1.110	0.375	97.144	
		3P	0.882	1.109	0.978	115.414	
		9P	0.850	2.741	2.331	70.467	
3PS		0.838	0.950	0.796	63.266		

FICHA DE REGISTRO DE MAGNITUDES ELÉCTRICAS EN CIRCUITO CERRADO						
Fecha:		07/04/2022		Hora:		08:00 horas
Tratamiento	Repetición	Configuración	Niveles de Voltaje (V)	Intensidad de Corriente (mA)	Potencia Eléctrica (mW)	Densidad de Potencia Eléctrica (mW/m ²)
Tratamiento N°1	Repetición N° 1	3S	1.637	0.345	0.565	66.582
		3S	1.671	0.391	0.653	77.026
		3S	1.69	0.393	0.664	78.301
		9S	2.892	0.364	1.053	69.897
		3SP	1.374	0.837	1.150	77.783
	Repetición N° 2	3S	1.5	0.358	0.537	63.308
		3S	1.567	0.408	0.639	75.373
		3S	1.44	0.372	0.536	63.153
		9S	2.384	0.382	0.911	65.538
	Repetición N° 3	3SP	1.220	0.707	0.863	73.553
		3S	1.444	0.342	0.494	58.221
		3S	1.588	0.306	0.486	57.287
		3S	1.713	0.424	0.726	85.627
		9S	2.543	0.392	0.997	72.694
	Tratamiento N°2	Repetición N° 1	3SP	1.224	0.687	0.841
3P			0.491	0.930	0.457	66.582
3P			0.457	0.962	0.439	77.026
3P			0.487	0.857	0.417	78.301
9P			0.464	2.334	1.082	41.368
Repetición N° 2		3PS	0.479	0.779	0.373	45.194
		3P	0.491	0.904	0.444	63.308
		3P	0.492	0.958	0.471	75.373
		3P	0.490	0.998	0.489	63.153
		9P	0.466	2.376	1.108	35.788
Repetición N° 3		3PS	0.255	0.796	0.203	33.905
		3P	0.246	0.924	0.227	58.221
		3P	0.236	0.963	0.227	57.287
		3P	0.713	1.102	0.786	85.627
		9P	0.705	2.437	1.718	39.174
Fecha:		07/04/2022		Hora:		14:00 horas
Tratamiento	Repetición	Configuración	Niveles de Voltaje (V)	Intensidad de Corriente (mA)	Potencia Eléctrica (mW)	Densidad de Potencia Eléctrica (mW/m ²)
Tratamiento N°1	Repetición N° 1	3P	0.704	0.879	0.619	33.036
		3S	1.586	0.344	0.546	64.320
		3S	1.615	0.352	0.568	67.020
		3S	1.608	0.37	0.595	70.141
		9S	2.751	0.378	1.040	40.865
	Repetición N° 2	3SP	1.603	0.664	1.064	41.828
		3S	1.441	0.38	0.548	64.556
		3S	1.778	0.381	0.677	79.863
		3S	1.509	0.34	0.513	60.486
		9S	2.674	0.381	1.019	40.036
	Repetición N° 3	3SP	1.576	0.771	1.215	47.750
		3S	1.514	0.334	0.506	59.615
		3S	1.611	0.397	0.640	75.400
		3S	1.647	0.357	0.588	69.318
		9S	2.873	0.326	0.937	36.806
Tratamiento N°2	Repetición N° 1	3SP	1.591	0.705	1.121	44.069
		3P	0.419	0.811	0.340	64.320
		3P	0.400	0.912	0.365	67.020
		3P	0.438	0.945	0.414	70.141

FICHA DE REGISTRO DE MAGNITUDES ELÉCTRICAS EN CIRCUITO CERRADO							
		9P	0.417	2.019	0.842	40.865	
		3PS	0.407	0.777	0.316	41.828	
	Repetición N° 2	3P	0.414	0.956	0.395	64.556	
		3P	0.129	0.725	0.094	79.863	
		3P	0.415	0.795	0.330	60.486	
		9P	0.429	2.004	0.860	40.036	
		3PS	0.166	0.708	0.118	47.750	
	Repetición N° 3	3P	0.163	0.747	0.122	59.615	
		3P	0.080	0.732	0.058	75.400	
		3P	0.507	0.914	0.464	69.318	
		9P	0.491	2.002	0.984	36.806	
		3PS	0.256	0.724	0.185	44.069	
	Fecha:		07/04/2022		Hora:		20:00 horas
	Tratamiento	Repetición	Configuración	Niveles de Voltaje (V)	Intensidad de Corriente (mA)	Potencia Eléctrica (mW)	Densidad de Potencia Eléctrica (mW/m ²)
Tratamiento N°1	Repetición N° 1	3S	2.038	0.4	0.815	115.087	
		3S	2.042	0.449	0.917	114.831	
		3S	2.099	0.417	0.875	117.294	
		9S	3.586	0.4	1.434	69.897	
		3SP	2.060	0.867	1.786	77.783	
	Repetición N° 2	3S	1.842	0.41	0.755	100.327	
		3S	2.03	0.415	0.842	114.875	
		3S	1.893	0.414	0.784	102.659	
		9S	3.376	0.411	1.388	65.538	
		3SP	1.922	0.944	1.814	73.553	
	Repetición N° 3	3S	2.037	0.381	0.776	110.228	
		3S	1.972	0.379	0.747	108.105	
		3S	2.131	0.388	0.827	117.073	
		9S	3.822	0.426	1.628	72.694	
3SP		2.047	0.739	1.512	66.273		
Tratamiento N°2	Repetición N° 1	3P	0.624	1.040	0.649	115.09	
		3P	0.602	1.055	0.635	114.83	
		3P	0.621	1.069	0.663	117.294	
		9P	0.619	2.801	1.733	69.897	
		3PS	0.595	0.955	0.568	77.783	
	Repetición N° 2	3P	0.611	1.086	0.664	100.327	
		3P	0.615	1.068	0.657	114.875	
		3P	0.616	0.967	0.596	102.658	
		9P	0.628	2.532	1.591	65.538	
		3PS	0.397	0.877	0.349	73.553	
	Repetición N° 3	3P	0.378	0.926	0.350	110.228	
		3P	0.407	0.992	0.404	108.105	
		3P	1.112	0.902	1.003	117.073	
		9P	1.129	2.348	2.651	72.694	
3PS		1.076	0.822	0.885	66.273		

FICHA DE REGISTRO DE MAGNITUDES ELÉCTRICAS EN CIRCUITO CERRADO							
Fecha:		08/04/2022		Hora:		08:00 horas	
Tratamiento	Repetición	Configuración	Niveles de Voltaje (V)	Intensidad de Corriente (mA)	Potencia Eléctrica (mW)	Densidad de Potencia Eléctrica (mW/m ²)	
Tratamiento N°1	Repetición N° 1	3S	1.753	0.307	0.538	63.446	
		3S	1.598	0.324	0.518	61.039	
		3S	1.618	0.342	0.553	65.237	
		9S	2.82	0.32	0.902	76.759	
		3SP	1.305	0.667	0.871	77.348	
	Repetición N° 2	3S	1.659	0.372	0.617	72.757	
		3S	1.484	0.331	0.491	57.909	
		3S	1.64	0.395	0.648	76.371	
		9S	2.608	0.43	1.121	66.355	
	Repetición N° 3	3SP	1.259	0.806	1.015	77.558	
		3S	1.605	0.379	0.608	71.713	
		3S	1.497	0.345	0.516	60.887	
		3S	1.408	0.37	0.521	61.417	
	Tratamiento N°2	Repetición N° 1	9S	2.812	0.422	1.187	72.840
			3SP	1.225	0.750	0.919	74.152
3P			0.466	1.075	0.501	63.446	
3P			0.466	1.008	0.470	61.039	
3P			0.452	1.090	0.492	65.237	
Repetición N° 2		9P	0.479	2.769	1.325	35.462	
		3PS	0.462	0.977	0.451	34.215	
		3P	0.476	0.948	0.452	72.757	
		3P	0.472	0.970	0.458	57.909	
Repetición N° 3		3P	0.495	1.137	0.562	76.371	
		9P	0.467	2.621	1.225	44.070	
		3PS	0.236	0.927	0.219	39.888	
		3P	0.226	1.106	0.250	71.713	
		3P	0.238	0.977	0.232	60.887	
		3P	0.622	1.041	0.647	61.417	
Fecha:		08/04/2022		Hora:		14:00 horas	
Tratamiento	Repetición	Configuración	Niveles de Voltaje (V)	Intensidad de Corriente (mA)	Potencia Eléctrica (mW)	Densidad de Potencia Eléctrica (mW/m ²)	
Tratamiento N°1	Repetición N° 1	9P	0.621	2.619	1.626	46.633	
		3PS	0.657	0.908	0.596	36.114	
		3S	1.762	0.342	0.603	71.043	
		3S	1.465	0.297	0.435	51.296	
		3S	1.67	0.411	0.686	80.918	
	Repetición N° 2	9S	2.783	0.329	0.916	35.981	
		3SP	1.632	0.772	1.260	49.521	
		3S	1.703	0.357	0.608	71.675	
		3S	1.425	0.318	0.453	53.423	
	Repetición N° 3	3S	1.507	0.379	0.571	67.335	
		9S	2.448	0.348	0.852	33.478	
		3SP	1.545	0.651	1.006	39.525	
		3S	1.605	0.347	0.557	65.658	
		3S	1.621	0.352	0.571	67.269	
		3S	1.532	0.407	0.624	73.509	
Tratamiento N°2	Repetición N° 1	9S	2.53	0.395	0.999	39.272	
		3SP	1.586	0.700	1.110	43.628	
		3P	0.406	0.902	0.366	71.043	
		3P	0.421	0.951	0.400	51.296	
		3P	0.405	0.955	0.386	80.918	

FICHA DE REGISTRO DE MAGNITUDES ELÉCTRICAS EN CIRCUITO CERRADO								
	Repetición N° 2	9P	0.412	2.303	0.949	35.981		
		3PS	0.420	0.811	0.340	49.521		
		3P	0.394	0.965	0.380	71.675		
		3P	0.132	0.795	0.105	53.423		
		3P	0.423	0.906	0.383	67.335		
		9P	0.420	2.131	0.895	33.478		
	Repetición N° 3	3PS	0.156	0.759	0.118	39.525		
		3P	0.159	1.020	0.163	65.658		
		3P	0.074	0.934	0.069	67.269		
		3P	0.420	0.900	0.378	73.509		
		9P	0.408	2.357	0.962	39.272		
		3PS	0.137	0.871	0.119	43.628		
		Fecha:		08/04/2022		Hora:		20:00 horas
		Tratamiento	Repetición	Configuración	Niveles de Voltaje (V)	Intensidad de Corriente (mA)	Potencia Eléctrica (mW)	Densidad de Potencia Eléctrica (mW/m ²)
Tratamiento N°1	Repetición N° 1	3S	2.179	0.413	0.900	118.168		
		3S	1.969	0.43	0.847	102.834		
		3S	2.048	0.417	0.854	113.962		
		9S	3.954	0.419	1.657	76.759		
		3SP	2.065	0.906	1.871	77.348		
	Repetición N° 2	3S	2.117	0.409	0.866	118.051		
		3S	1.855	0.363	0.673	100.816		
		3S	2.039	0.372	0.759	111.538		
		9S	3.425	0.43	1.473	66.355		
	Repetición N° 3	3SP	2.004	0.934	1.871	77.558		
		3S	2.101	0.425	0.893	119.140		
		3S	2.015	0.456	0.919	112.838		
		3S	1.887	0.435	0.821	105.225		
		9S	3.737	0.423	1.581	72.840		
Tratamiento N°2	Repetición N° 1	3SP	2.001	0.932	1.865	74.152		
		3P	0.599	1.228	0.735	118.168		
		3P	0.619	1.249	0.773	102.834		
		3P	0.616	1.177	0.725	113.962		
		9P	0.628	3.258	2.046	76.759		
	Repetición N° 2	3PS	0.622	1.105	0.687	77.348		
		3P	0.607	1.082	0.656	118.051		
		3P	0.603	1.113	0.672	100.816		
		3P	0.625	1.241	0.776	111.538		
		9P	0.607	2.979	1.808	66.355		
	Repetición N° 3	3PS	0.381	1.050	0.400	77.558		
		3P	0.406	1.105	0.448	119.140		
		3P	0.401	1.096	0.439	112.838		
		3P	1.089	1.113	1.212	105.225		
		9P	1.099	2.891	3.177	72.840		
		3PS	1.077	0.927	0.998	74.152		

FICHA DE REGISTRO DE MAGNITUDES ELÉCTRICAS EN CIRCUITO CERRADO						
Fecha:		09/04/2022		Hora:		08:00 horas
Tratamiento	Repetición	Configuración	Niveles de Voltaje (V)	Intensidad de Corriente (mA)	Potencia Eléctrica (mW)	Densidad de Potencia Eléctrica (mW/m ²)
Tratamiento N°1	Repetición N° 1	3S	1.606	0.335	0.538	63.427
		3S	1.682	0.386	0.649	76.542
		3S	1.755	0.39	0.684	80.692
		9S	2.924	0.361	1.056	70.322
		3SP	1.369	0.713	0.976	73.565
	Repetición N° 2	3S	1.482	0.365	0.541	63.772
		3S	1.449	0.345	0.500	58.935
		3S	1.529	0.398	0.609	71.743
		9S	2.284	0.393	0.898	64.014
	Repetición N° 3	3SP	1.256	0.778	0.977	66.020
		3S	1.484	0.322	0.478	56.335
		3S	1.6	0.404	0.646	76.206
		3S	1.65	0.355	0.586	69.056
		9S	2.758	0.35	0.965	75.568
	Tratamiento N°2	Repetición N° 1	3SP	1.335	0.807	1.077
3P			0.476	1.067	0.508	63.427
3P			0.451	1.121	0.505	76.542
3P			0.489	1.161	0.568	80.692
9P			0.476	2.824	1.345	41.481
Repetición N° 2		3PS	0.486	0.953	0.463	38.358
		3P	0.474	0.966	0.458	63.772
		3P	0.472	0.955	0.451	58.935
		3P	0.451	0.955	0.430	71.743
Repetición N° 3		9P	0.456	2.524	1.151	35.274
		3PS	0.235	0.888	0.209	38.390
		3P	0.252	1.215	0.306	56.335
		3P	0.215	1.198	0.257	76.206
		3P	0.591	1.074	0.634	69.056
Repetición N° 3		9P	0.634	2.939	1.863	37.934
	3PS	0.579	1.032	0.597	42.337	
	3PS	0.579	1.032	0.597	42.337	
Fecha:		09/04/2022		Hora:		14:00 horas
Tratamiento	Repetición	Configuración	Niveles de Voltaje (V)	Intensidad de Corriente (mA)	Potencia Eléctrica (mW)	Densidad de Potencia Eléctrica (mW/m ²)
Tratamiento N°1	Repetición N° 1	3S	1.594	0.361	0.575	67.839
		3S	1.622	0.304	0.493	58.131
		3S	1.629	0.329	0.536	63.183
		9S	2.82	0.373	1.052	41.335
		3SP	1.615	0.777	1.255	49.313
	Repetición N° 2	3S	1.65	0.408	0.673	79.365
		3S	1.582	0.395	0.625	73.670
		3S	1.602	0.36	0.577	67.991
		9S	2.925	0.356	1.041	40.921
	Repetición N° 3	3SP	1.611	0.683	1.101	43.249
		3S	1.61	0.406	0.654	77.062
		3S	1.784	0.422	0.753	88.755
		3S	1.499	0.405	0.607	71.572
		9S	2.862	0.384	1.099	43.188
	Repetición N° 3	3SP	1.631	0.713	1.163	45.699
3P		0.410	1.008	0.413	67.839	
3P		0.392	0.977	0.383	58.131	
Tratamiento N°2	Repetición N° 1	3P	0.432	0.961	0.415	63.183
		3P	0.432	0.961	0.415	63.183

FICHA DE REGISTRO DE MAGNITUDES ELÉCTRICAS EN CIRCUITO CERRADO							
		9P	0.404	2.527	1.021	41.335	
		3PS	0.402	0.849	0.341	49.313	
	Repetición N° 2	3P	0.405	0.992	0.401	79.365	
		3P	0.118	0.965	0.114	73.670	
		3P	0.424	1.048	0.444	67.991	
		9P	0.425	2.409	1.025	40.921	
		3PS	0.162	0.857	0.139	43.249	
		3P	0.155	0.918	0.142	77.062	
	Repetición N° 3	3P	0.069	0.966	0.067	88.755	
		3P	0.394	0.955	0.376	71.572	
		9P	0.375	2.354	0.882	43.188	
		3PS	0.131	0.803	0.105	45.699	
	Fecha:		09/04/2022		Hora:		20:00 horas
	Tratamiento	Repetición	Configuración	Niveles de Voltaje (V)	Intensidad de Corriente (mA)	Potencia Eléctrica (mW)	Densidad de Potencia Eléctrica (mW/m ²)
Tratamiento N°1	Repetición N° 1	3S	2.079	0.419	0.871	115.441	
		3S	2.062	0.426	0.878	112.796	
		3S	2.099	0.45	0.945	115.562	
		9S	3.652	0.414	1.512	70.322	
		3SP	2.080	0.841	1.749	73.565	
	Repetición N° 2	3S	1.83	0.349	0.639	95.790	
		3S	1.856	0.415	0.770	103.278	
		3S	1.914	0.394	0.754	106.279	
		9S	3.415	0.418	1.427	64.014	
	Repetición N° 3	3SP	1.867	0.861	1.607	66.020	
		3S	2.035	0.403	0.820	110.839	
		3S	2.096	0.382	0.801	116.385	
		3S	2.034	0.392	0.797	113.662	
		9S	3.823	0.456	1.743	75.568	
Tratamiento N°2	Repetición N° 1	3SP	2.055	0.890	1.829	73.650	
		3P	0.619	1.130	0.699	115.441	
		3P	0.609	1.253	0.763	112.796	
		3P	0.623	1.273	0.793	115.562	
		9P	0.619	3.125	1.935	70.322	
	Repetición N° 2	3PS	0.598	1.098	0.656	73.565	
		3P	0.628	1.169	0.735	95.790	
		3P	0.601	1.145	0.688	103.278	
		3P	0.635	1.241	0.788	106.279	
		9P	0.626	3.018	1.890	64.014	
	Repetición N° 3	3PS	0.400	1.017	0.407	66.020	
		3P	0.403	1.273	0.513	110.839	
		3P	0.402	1.304	0.524	116.385	
		3P	1.075	1.142	1.227	113.662	
		9P	1.103	3.272	3.609	75.568	
		3PS	1.087	1.128	1.226	73.650	

FICHA DE REGISTRO DE MAGNITUDES ELÉCTRICAS EN CIRCUITO CERRADO						
Fecha:		10/04/2022		Hora:		08:00 horas
Tratamiento	Repetición	Configuración	Niveles de Voltaje (V)	Intensidad de Corriente (mA)	Potencia Eléctrica (mW)	Densidad de Potencia Eléctrica (mW/m ²)
Tratamiento N°1	Repetición N° 1	3S	2.183	0.493	1.076	126.878
		3S	2.143	0.447	0.958	112.932
		3S	2.071	0.386	0.799	94.244
		9S	4.264	0.474	2.021	112.024
		3SP	1.819	0.776	1.412	88.790
	Repetición N° 2	3S	1.945	0.49	0.953	112.357
		3S	2.02	0.392	0.792	93.352
		3S	1.912	0.487	0.931	109.775
		9S	3.76	0.493	1.854	106.085
		3SP	1.600	0.834	1.334	95.202
	Repetición N° 3	3S	1.993	0.453	0.903	106.437
		3S	1.968	0.411	0.809	95.357
		3S	1.94	0.464	0.900	106.122
		9S	4.204	0.5	2.102	117.092
		3SP	1.649	0.795	1.311	91.974
Tratamiento N°2	Repetición N° 1	3P	0.481	1.051	0.505	126.878
		3P	0.451	1.083	0.488	112.932
		3P	0.462	1.158	0.535	94.244
		9P	0.471	2.907	1.369	79.426
		3PS	0.481	1.049	0.505	55.480
	Repetición N° 2	3P	0.478	1.058	0.506	112.357
		3P	0.501	1.047	0.525	93.352
		3P	0.492	1.024	0.504	109.775
		9P	0.475	2.617	1.243	72.845
		3PS	0.233	0.962	0.224	52.439
	Repetición N° 3	3P	0.249	1.087	0.270	106.437
		3P	0.261	1.125	0.294	95.357
		3P	0.581	1.186	0.689	106.122
		9P	0.621	2.953	1.835	82.603
		3PS	0.641	1.059	0.679	51.517
Fecha:		10/04/2022		Hora:		14:00 horas
Tratamiento	Repetición	Configuración	Niveles de Voltaje (V)	Intensidad de Corriente (mA)	Potencia Eléctrica (mW)	Densidad de Potencia Eléctrica (mW/m ²)
Tratamiento N°1	Repetición N° 1	3S	2.079	0.391	0.813	95.834
		3S	2.062	0.445	0.918	108.177
		3S	2.092	0.419	0.877	103.338
		9S	4.125	0.423	1.745	68.569
		3SP	2.078	0.834	1.733	68.094
	Repetición N° 2	3S	1.938	0.392	0.760	89.562
		3S	1.92	0.427	0.820	96.653
		3S	1.966	0.495	0.973	114.729
		9S	3.935	0.461	1.814	71.287
		3SP	1.941	0.868	1.685	66.219
	Repetición N° 3	3S	2.072	0.442	0.916	107.969
		3S	2.21	0.488	1.078	127.145
		3S	1.957	0.462	0.904	106.591
		9S	4.27	0.439	1.875	73.664
		3SP	2.080	0.898	1.868	73.390
Tratamiento N°2	Repetición N° 1	3P	0.409	1.076	0.440	95.834
		3P	0.411	0.926	0.381	108.177
		3P	0.411	0.937	0.385	103.338

FICHA DE REGISTRO DE MAGNITUDES ELÉCTRICAS EN CIRCUITO CERRADO							
		9P	0.427	2.412	1.029	68.569	
		3PS	0.429	0.914	0.392	68.094	
	Repetición N° 2	3P	0.428	1.090	0.467	89.562	
		3P	0.123	1.110	0.137	96.653	
		3P	0.403	1.059	0.427	114.729	
		9P	0.409	2.725	1.114	71.287	
		3PS	0.166	0.962	0.159	66.219	
	Repetición N° 3	3P	0.175	0.961	0.168	107.969	
		3P	0.057	1.015	0.058	127.145	
		3P	0.387	1.057	0.409	106.591	
		9P	0.463	2.609	1.209	73.664	
		3PS	0.100	0.870	0.087	73.390	
	Fecha:		10/04/2022		Hora:		20:00 horas
	Tratamiento	Repetición	Configuración	Niveles de Voltaje (V)	Intensidad de Corriente (mA)	Potencia Eléctrica (mW)	Densidad de Potencia Eléctrica (mW/m ²)
Tratamiento N°1	Repetición N° 1	3S	2.529	0.484	1.224	164.579	
		3S	2.498	0.513	1.281	154.610	
		3S	2.555	0.461	1.178	149.704	
		9S	5.279	0.459	2.423	112.024	
		3SP	2.527	0.875	2.211	88.790	
	Repetición N° 2	3S	2.314	0.536	1.240	149.223	
		3S	2.302	0.518	1.192	148.178	
		3S	2.406	0.473	1.138	154.028	
		9S	4.703	0.539	2.535	106.085	
	Repetición N° 3	3SP	2.341	1.003	2.348	95.202	
		3S	2.473	0.488	1.207	158.894	
		3S	2.531	0.528	1.336	162.620	
		3S	2.426	0.498	1.208	157.876	
		9S	5.164	0.48	2.479	117.092	
Tratamiento N°2	Repetición N° 1	3SP	2.477	0.907	2.246	91.974	
		3P	0.625	1.117	0.698	164.579	
		3P	0.617	1.202	0.741	154.610	
		3P	0.610	1.226	0.748	149.704	
		9P	0.626	3.151	1.973	112.024	
	Repetición N° 2	3PS	0.621	1.112	0.691	88.790	
		3P	0.637	1.177	0.750	149.223	
		3P	0.616	1.165	0.717	148.178	
		3P	0.610	1.142	0.697	154.022	
		9P	0.628	3.009	1.889	106.085	
	Repetición N° 3	3PS	0.390	1.042	0.407	95.202	
		3P	0.415	1.215	0.504	158.894	
		3P	0.390	1.236	0.482	162.620	
		3P	1.067	1.191	1.270	157.876	
9P		1.101	3.063	3.372	117.092		
		3PS	1.096	1.067	1.170	91.974	

FICHA DE REGISTRO DE MAGNITUDES ELÉCTRICAS EN CIRCUITO CERRADO							
Fecha:		11/04/2022		Hora:		08:00 horas	
Tratamiento	Repetición	Configuración	Niveles de Voltaje (V)	Intensidad de Corriente (mA)	Potencia Eléctrica (mW)	Densidad de Potencia Eléctrica (mW/m²)	
Tratamiento N°1	Repetición N° 1	3S	2.359	0.466	1.099	129.599	
		3S	2.256	0.45	1.015	119.685	
		3S	2.172	0.402	0.873	102.937	
		9S	4.594	0.418	1.920	123.078	
		3SP	2.007	0.775	1.556	103.121	
	Repetición N° 2	3S	2.088	0.413	0.862	101.664	
		3S	2.271	0.441	1.002	118.071	
		3S	2.292	0.481	1.102	129.971	
		9S	4.752	0.423	2.010	125.821	
	Repetición N° 3	3SP	1.984	0.884	1.754	105.873	
		3S	2.257	0.458	1.034	121.866	
		3S	2.289	0.468	1.071	126.293	
		3S	2.226	0.516	1.149	135.413	
	Tratamiento N°2	Repetición N° 1	9S	4.543	0.451	2.049	120.094
			3SP	1.962	0.795	1.560	104.733
3P			0.493	1.175	0.579	129.599	
3P			0.457	1.068	0.488	119.685	
3P			0.470	1.091	0.513	102.937	
Repetición N° 2		9P	0.480	2.947	1.414	75.463	
		3PS	0.486	0.998	0.485	61.134	
		3P	0.495	1.154	0.571	101.664	
		3P	0.492	1.059	0.521	118.071	
Repetición N° 3		3P	0.494	1.089	0.538	129.971	
		9P	0.449	2.789	1.252	78.992	
		3PS	0.238	0.997	0.238	68.922	
		3P	0.240	1.239	0.297	121.866	
		3P	0.232	1.168	0.271	126.293	
		3P	0.582	1.130	0.658	135.413	
Fecha:		11/04/2022		Hora:		14:00 horas	
Tratamiento	Repetición	Configuración	Niveles de Voltaje (V)	Intensidad de Corriente (mA)	Potencia Eléctrica (mW)	Densidad de Potencia Eléctrica (mW/m²)	
Tratamiento N°1	Repetición N° 1	9P	0.677	2.984	2.019	80.516	
		3PS	0.628	1.083	0.680	61.306	
		3S	2.292	0.469	1.075	126.728	
		3S	2.208	0.456	1.007	118.700	
		3S	2.193	0.361	0.792	93.332	
	Repetición N° 2	9S	4.69	0.414	1.942	76.302	
		3SP	2.231	0.836	1.865	73.294	
		3S	2.195	0.402	0.882	104.027	
		3S	2.344	0.439	1.029	121.313	
	Repetición N° 3	3S	2.339	0.501	1.172	138.151	
		9S	4.868	0.426	2.074	81.494	
		3SP	2.293	0.839	1.924	75.591	
		3S	2.111	0.393	0.830	97.806	
		3S	2.136	0.426	0.910	107.275	
		3S	2.23	0.458	1.021	120.408	
Tratamiento N°2	Repetición N° 1	9S	4.363	0.421	1.837	72.183	
		3SP	2.159	0.804	1.736	68.214	
		3P	0.423	1.116	0.472	126.728	
		3P	0.402	1.172	0.471	118.700	
		3P	0.405	1.170	0.473	93.332	

FICHA DE REGISTRO DE MAGNITUDES ELÉCTRICAS EN CIRCUITO CERRADO							
		9P	0.404	2.837	1.147	76.302	
		3PS	0.400	1.014	0.406	73.294	
	Repetición N° 2	3P	0.409	1.069	0.437	104.027	
		3P	0.141	1.136	0.161	121.313	
		3P	0.417	1.084	0.452	138.151	
		9P	0.402	2.846	1.144	81.494	
		3PS	0.162	0.950	0.154	75.591	
	Repetición N° 3	3P	0.158	1.021	0.162	97.806	
		3P	0.066	1.012	0.067	107.275	
		3P	0.378	1.030	0.389	120.408	
		9P	0.375	2.621	0.984	72.183	
		3PS	0.109	0.909	0.099	68.214	
	Fecha:		11/04/2022		Hora:		20:00 horas
	Tratamiento	Repetición	Configuración	Niveles de Voltaje (V)	Intensidad de Corriente (mA)	Potencia Eléctrica (mW)	Densidad de Potencia Eléctrica (mW/m ²)
Tratamiento N°1	Repetición N° 1	3S	2.71	0.566	1.534	188.179	
		3S	2.571	0.476	1.224	160.947	
		3S	2.498	0.458	1.144	146.659	
		9S	5.514	0.484	2.669	123.078	
		3SP	2.593	0.916	2.375	103.121	
	Repetición N° 2	3S	2.606	0.483	1.259	163.138	
		3S	2.741	0.455	1.247	165.126	
		3S	2.776	0.532	1.477	192.762	
		9S	5.627	0.542	3.050	125.821	
	Repetición N° 3	3SP	2.708	0.907	2.456	105.873	
		3S	2.578	0.492	1.268	165.640	
		3S	2.683	0.524	1.406	178.080	
		3S	2.547	0.486	1.238	170.555	
		9S	5.269	0.542	2.856	120.094	
Tratamiento N°2	Repetición N° 1	3SP	2.603	0.992	2.582	104.733	
		3P	0.629	1.317	0.828	188.179	
		3P	0.613	1.241	0.760	160.947	
		3P	0.615	1.258	0.774	146.659	
		9P	0.610	3.368	2.053	123.078	
	Repetición N° 2	3PS	0.606	1.153	0.699	103.121	
		3P	0.617	1.265	0.780	163.138	
		3P	0.611	1.151	0.703	165.126	
		3P	0.613	1.144	0.702	192.762	
		9P	0.620	3.077	1.909	125.821	
	Repetición N° 3	3PS	0.390	1.083	0.422	105.873	
		3P	0.390	1.287	0.502	165.640	
		3P	0.398	1.299	0.517	178.080	
		3P	1.063	1.184	1.258	170.555	
9P		1.081	3.233	3.494	120.094		
		3PS	1.036	1.090	1.129	104.733	

FICHA DE REGISTRO DE MAGNITUDES ELÉCTRICAS EN CIRCUITO CERRADO						
Fecha:		12/04/2022		Hora:		08:00 horas
Tratamiento	Repetición	Configuración	Niveles de Voltaje (V)	Intensidad de Corriente (mA)	Potencia Eléctrica (mW)	Densidad de Potencia Eléctrica (mW/m ²)
Tratamiento N°1	Repetición N° 1	3S	2.334	0.518	1.209	142.534
		3S	2.083	0.493	1.027	121.066
		3S	2.192	0.424	0.929	109.570
		9S	4.595	0.533	2.449	126.122
		3SP	1.972	0.890	1.755	110.567
	Repetición N° 2	3S	2.172	0.458	0.995	117.277
		3S	2.162	0.434	0.938	110.620
		3S	2.194	0.5	1.097	129.328
		9S	4.425	0.491	2.173	130.498
		3SP	1.854	0.889	1.648	93.810
	Repetición N° 3	3S	2.146	0.429	0.921	108.536
		3S	2.176	0.535	1.164	137.246
		3S	2.053	0.439	0.901	106.253
		9S	4.588	0.487	2.234	132.158
		3SP	1.901	0.849	1.614	102.316
Tratamiento N°2	Repetición N° 1	3P	0.454	1.199	0.544	142.534
		3P	0.446	1.233	0.550	121.066
		3P	0.466	1.205	0.562	109.570
		9P	0.467	3.218	1.502	96.245
		3PS	0.482	1.126	0.543	68.970
	Repetición N° 2	3P	0.478	1.309	0.626	117.277
		3P	0.474	1.268	0.601	110.620
		3P	0.478	1.195	0.572	129.328
		9P	0.474	3.414	1.619	85.381
		3PS	0.214	1.194	0.256	64.770
	Repetición N° 3	3P	0.242	1.191	0.288	108.536
		3P	0.250	1.272	0.319	137.246
		3P	0.562	1.201	0.675	106.253
		9P	0.612	3.094	1.894	87.805
		3PS	0.625	1.047	0.655	63.424
Fecha:		12/04/2022		Hora:		14:00 horas
Tratamiento	Repetición	Configuración	Niveles de Voltaje (V)	Intensidad de Corriente (mA)	Potencia Eléctrica (mW)	Densidad de Potencia Eléctrica (mW/m ²)
Tratamiento N°1	Repetición N° 1	3S	2.374	0.517	1.227	144.696
		3S	2.182	0.514	1.122	132.222
		3S	2.251	0.41	0.923	108.804
		9S	4.594	0.469	2.155	84.670
		3SP	2.269	0.828	1.879	73.830
	Repetición N° 2	3S	2.106	0.476	1.002	118.182
		3S	1.975	0.464	0.916	108.037
		3S	2.37	0.455	1.078	127.129
		9S	4.366	0.453	1.978	77.723
		3SP	2.150	0.802	1.725	67.771
	Repetición N° 3	3S	2.192	0.456	1.000	117.840
		3S	2.333	0.53	1.236	145.773
		3S	2.333	0.496	1.157	136.421
		9S	4.835	0.499	2.413	94.812
		3SP	2.286	0.883	2.019	79.324
Tratamiento N°2	Repetición N° 1	3P	0.389	1.086	0.423	144.696
		3P	0.415	1.185	0.492	132.222
		3P	0.411	1.127	0.463	108.804

FICHA DE REGISTRO DE MAGNITUDES ELÉCTRICAS EN CIRCUITO CERRADO							
		9P	0.405	2.967	1.201	84.670	
		3PS	0.424	1.052	0.446	73.830	
	Repetición N° 2	3P	0.420	1.284	0.540	118.182	
		3P	0.126	1.251	0.158	108.037	
		3P	0.399	1.102	0.439	127.129	
		9P	0.400	3.097	1.238	77.723	
		3PS	0.156	1.160	0.181	67.771	
	Repetición N° 3	3P	0.167	1.141	0.191	117.840	
		3P	0.055	1.093	0.060	145.773	
		3P	0.373	1.116	0.417	136.421	
		9P	0.406	3.073	1.249	94.812	
		3PS	0.090	1.037	0.094	79.324	
	Fecha:		12/04/2022		Hora:		20:00 horas
	Tratamiento	Repetición	Configuración	Niveles de Voltaje (V)	Intensidad de Corriente (mA)	Potencia Eléctrica (mW)	Densidad de Potencia Eléctrica (mW/m ²)
Tratamiento N°1	Repetición N° 1	3S	2.636	0.555	1.463	178.690	
		3S	2.552	0.559	1.427	175.703	
		3S	2.642	0.457	1.207	167.572	
		9S	5.505	0.535	2.945	126.122	
		3SP	2.610	1.000	2.610	110.567	
	Repetición N° 2	3S	2.551	0.522	1.332	174.432	
		3S	2.433	0.492	1.197	161.774	
		3S	2.775	0.487	1.351	185.495	
		9S	5.638	0.524	2.954	130.499	
		3SP	2.586	0.865	2.237	93.811	
	Repetición N° 3	3S	2.667	0.542	1.446	175.761	
		3S	2.798	0.497	1.391	196.928	
		3S	2.646	0.483	1.278	174.689	
		9S	5.605	0.565	3.167	132.158	
3SP		2.704	0.943	2.550	102.316		
Tratamiento N°2	Repetición N° 1	3P	0.604	1.453	0.878	178.690	
		3P	0.610	1.342	0.819	175.703	
		3P	0.614	1.498	0.920	167.572	
		9P	0.613	3.852	2.361	126.122	
		3PS	0.614	1.296	0.795	110.567	
	Repetición N° 2	3P	0.612	1.331	0.814	174.431	
		3P	0.620	1.334	0.827	161.774	
		3P	0.614	1.220	0.749	185.495	
		9P	0.600	3.476	2.084	130.498	
		3PS	0.380	1.238	0.471	93.810	
	Repetición N° 3	3P	0.397	1.331	0.528	175.760	
		3P	0.391	1.388	0.543	196.928	
		3P	1.068	1.307	1.396	174.688	
		9P	1.052	3.389	3.565	132.158	
3PS		1.050	1.192	1.251	102.316		

FICHA DE REGISTRO DE MAGNITUDES ELÉCTRICAS EN CIRCUITO CERRADO						
Fecha:		13/04/2022		Hora:		08:00 horas
Tratamiento	Repetición	Configuración	Niveles de Voltaje (V)	Intensidad de Corriente (mA)	Potencia Eléctrica (mW)	Densidad de Potencia Eléctrica (mW/m ²)
Tratamiento N°1	Repetición N° 1	3S	2.463	0.488	1.202	141.700
		3S	2.22	0.478	1.061	125.103
		3S	2.254	0.507	1.143	134.725
		9S	4.924	0.476	2.344	142.277
		3SP	2.033	0.853	1.734	100.903
	Repetición N° 2	3S	2.18	0.441	0.961	113.340
		3S	2.149	0.499	1.072	126.422
		3S	2.233	0.495	1.105	130.311
		9S	4.535	0.523	2.372	132.320
		3SP	1.949	0.871	1.698	98.585
	Repetición N° 3	3S	2.282	0.457	1.043	122.947
		3S	2.338	0.478	1.118	131.752
		3S	2.298	0.468	1.075	126.789
		9S	4.766	0.541	2.578	138.435
		3SP	1.986	0.914	1.815	111.196
Tratamiento N°2	Repetición N° 1	3P	0.606	1.357	0.822	141.700
		3P	0.639	1.348	0.861	125.103
		3P	0.627	1.342	0.841	134.725
		9P	0.631	3.536	2.232	92.106
		3PS	0.621	1.214	0.753	68.159
	Repetición N° 2	3P	0.615	1.261	0.776	113.340
		3P	0.606	1.208	0.732	126.422
		3P	0.595	1.131	0.673	130.311
		9P	0.594	3.251	1.930	93.206
		3PS	0.393	1.107	0.435	66.722
	Repetición N° 3	3P	0.399	1.197	0.478	122.947
		3P	0.354	1.240	0.439	131.752
		3P	1.075	1.359	1.460	126.789
		9P	1.088	3.373	3.671	101.325
		3PS	0.987	1.136	1.121	71.333
Fecha:		13/04/2022		Hora:		14:00 horas
Tratamiento	Repetición	Configuración	Niveles de Voltaje (V)	Intensidad de Corriente (mA)	Potencia Eléctrica (mW)	Densidad de Potencia Eléctrica (mW/m ²)
Tratamiento N°1	Repetición N° 1	3S	2.481	0.538	1.335	157.360
		3S	2.255	0.449	1.012	119.366
		3S	2.282	0.431	0.984	115.952
		9S	4.926	0.462	2.276	89.434
		3SP	2.339	0.948	2.218	87.150
	Repetición N° 2	3S	2.008	0.395	0.793	93.508
		3S	2.305	0.493	1.136	133.969
		3S	2.236	0.426	0.953	112.297
		9S	4.557	0.509	2.320	91.151
		3SP	2.183	0.801	1.749	68.715
	Repetición N° 3	3S	2.287	0.436	0.997	117.554
		3S	2.324	0.479	1.113	131.238
		3S	2.189	0.446	0.976	115.098
		9S	4.889	0.444	2.171	85.304
		3SP	2.267	0.866	1.963	77.138
Tratamiento N°2	Repetición N° 1	3P	0.549	1.291	0.708	157.360
		3P	0.576	1.325	0.763	119.366
		3P	0.594	1.286	0.764	115.952

FICHA DE REGISTRO DE MAGNITUDES ELÉCTRICAS EN CIRCUITO CERRADO								
	Repetición N° 2	9P	0.550	3.517	1.934	89.434		
		3PS	0.537	1.131	0.607	87.150		
		3P	0.573	1.222	0.700	93.508		
		3P	0.244	1.163	0.283	133.969		
		3P	0.549	1.235	0.678	112.297		
		9P	0.572	3.203	1.832	91.151		
	Repetición N° 3	3PS	0.326	1.084	0.353	68.715		
		3P	0.302	1.050	0.317	117.554		
		3P	0.204	1.165	0.238	131.238		
		3P	0.893	1.373	1.226	115.098		
		9P	0.841	3.035	2.551	85.304		
		3PS	0.520	1.069	0.556	77.138		
		Fecha:		13/04/2022		Hora:		20:00 horas
		Tratamiento	Repetición	Configuración	Niveles de Voltaje (V)	Intensidad de Corriente (mA)	Potencia Eléctrica (mW)	Densidad de Potencia Eléctrica (mW/m ²)
Tratamiento N°1	Repetición N° 1	3S	2.806	0.54	1.515	202.454		
		3S	2.653	0.523	1.388	180.468		
		3S	2.701	0.505	1.364	185.066		
		9S	5.945	0.593	3.525	142.277		
		3SP	2.720	0.898	2.443	100.903		
	Repetición N° 2	3S	2.57	0.492	1.264	170.883		
		3S	2.719	0.523	1.422	183.996		
		3S	2.726	0.515	1.404	180.613		
		9S	5.707	0.552	3.150	132.320		
	Repetición N° 3	3SP	2.672	0.863	2.306	98.586		
		3S	2.713	0.487	1.321	182.630		
		3S	2.668	0.595	1.587	192.811		
		3S	2.719	0.494	1.343	178.546		
		9S	5.775	0.55	3.176	138.435		
Tratamiento N°2	Repetición N° 1	3SP	2.700	0.986	2.662	111.196		
		3P	0.758	1.321	1.002	202.454		
		3P	0.780	1.512	1.180	180.468		
		3P	0.786	1.356	1.066	185.007		
		9P	0.754	3.880	2.926	142.277		
	Repetición N° 2	3PS	0.733	1.308	0.958	100.903		
		3P	0.755	1.394	1.052	170.883		
		3P	0.781	1.426	1.114	183.996		
		3P	0.751	1.299	0.976	180.613		
		9P	0.756	3.615	2.732	132.320		
	Repetición N° 3	3PS	0.550	1.223	0.673	98.585		
		3P	0.519	1.357	0.704	182.630		
		3P	0.546	1.315	0.718	192.811		
		3P	1.522	1.373	2.090	178.546		
9P		1.541	3.622	5.580	138.435			
3PS	1.517	1.276	1.936	111.196				

FICHA DE REGISTRO DE MAGNITUDES ELÉCTRICAS EN CIRCUITO CERRADO						
Fecha:		14/04/2022		Hora:		08:00 horas
Tratamiento	Repetición	Configuración	Niveles de Voltaje (V)	Intensidad de Corriente (mA)	Potencia Eléctrica (mW)	Densidad de Potencia Eléctrica (mW/m ²)
Tratamiento N°1	Repetición N° 1	3S	2.206	0.508	1.121	132.116
		3S	2.37	0.506	1.199	141.379
		3S	2.325	0.468	1.088	128.279
		9S	4.702	0.502	2.360	136.617
		3SP	1.942	0.895	1.738	115.149
	Repetición N° 2	3S	2.2	0.466	1.025	120.863
		3S	2.295	0.535	1.228	144.751
		3S	2.097	0.492	1.032	121.633
		9S	4.627	0.573	2.651	138.981
		3SP	1.886	0.902	1.701	119.095
	Repetición N° 3	3S	2.165	0.47	1.018	119.962
		3S	2.229	0.491	1.094	129.026
		3S	2.183	0.441	0.963	113.496
		9S	4.335	0.564	2.445	139.427
		3SP	1.950	0.931	1.816	105.420
Tratamiento N°2	Repetición N° 1	3P	0.683	1.435	0.980	132.116
		3P	0.678	1.237	0.839	141.379
		3P	0.691	1.214	0.839	128.279
		9P	0.675	3.373	2.276	92.758
		3PS	0.686	1.155	0.792	68.314
	Repetición N° 2	3P	0.663	1.280	0.849	120.863
		3P	0.671	1.370	0.920	144.751
		3P	0.680	1.384	0.941	121.633
		9P	0.699	3.578	2.501	104.188
		3PS	0.459	1.198	0.550	66.864
	Repetición N° 3	3P	0.444	1.343	0.597	119.962
		3P	0.457	1.254	0.573	129.026
		3P	1.238	1.163	1.440	113.496
		9P	1.202	3.213	3.863	96.080
		3PS	1.247	1.098	1.369	71.355
Fecha:		14/04/2022		Hora:		14:00 horas
Tratamiento	Repetición	Configuración	Niveles de Voltaje (V)	Intensidad de Corriente (mA)	Potencia Eléctrica (mW)	Densidad de Potencia Eléctrica (mW/m ²)
Tratamiento N°1	Repetición N° 1	3S	2.178	0.446	0.971	114.519
		3S	2.326	0.539	1.254	147.804
		3S	2.21	0.489	1.081	127.405
		9S	4.71	0.467	2.200	86.438
		3SP	2.238	0.845	1.891	74.316
	Repetición N° 2	3S	2.12	0.492	1.043	122.967
		3S	2.48	0.484	1.200	141.509
		3S	2.186	0.52	1.137	134.011
		9S	4.765	0.558	2.659	104.487
		3SP	2.262	0.928	2.099	82.491
	Repetición N° 3	3S	2.179	0.474	1.033	121.765
		3S	2.427	0.565	1.371	161.661
		3S	2.22	0.458	1.017	119.868
		9S	4.747	0.537	2.549	100.175
		3SP	2.275	0.799	1.818	71.443
Tratamiento N°2	Repetición N° 1	3P	0.622	1.318	0.820	114.519
		3P	0.637	1.138	0.725	147.804
		3P	0.620	1.165	0.723	127.405

FICHA DE REGISTRO DE MAGNITUDES ELÉCTRICAS EN CIRCUITO CERRADO						
		9P	0.622	3.214	1.998	86.438
		3PS	0.617	1.126	0.695	74.316
	Repetición N° 2	3P	0.641	1.274	0.817	122.967
		3P	0.293	1.356	0.398	141.509
		3P	0.625	1.369	0.856	134.011
		9P	0.624	3.460	2.158	104.487
		3PS	0.380	1.260	0.479	82.491
		3P	0.377	1.340	0.505	121.765
	Repetición N° 3	3P	0.270	1.163	0.314	161.661
		3P	1.041	1.080	1.124	119.868
		9P	1.034	3.055	3.159	100.175
		3PS	0.728	1.078	0.785	71.443
	Fecha:		14/04/2022		Hora:	
Tratamiento	Repetición	Configuración	Niveles de Voltaje (V)	Intensidad de Corriente (mA)	Potencia Eléctrica (mW)	Densidad de Potencia Eléctrica (mW/m ²)
Tratamiento N°1	Repetición N° 1	3S	2.499	0.526	1.314	173.527
		3S	2.756	0.545	1.502	203.720
		3S	2.636	0.595	1.568	188.634
		9S	5.432	0.585	3.178	136.617
		3SP	2.630	1.023	2.691	115.149
	Repetición N° 2	3S	2.601	0.574	1.493	186.743
		3S	2.796	0.576	1.610	198.765
		3S	2.699	0.558	1.506	197.915
		9S	5.552	0.59	3.276	138.981
		3SP	2.699	1.054	2.844	119.095
	Repetición N° 3	3S	2.616	0.537	1.405	185.661
		3S	2.78	0.556	1.546	204.838
		3S	2.668	0.543	1.449	184.319
		9S	5.695	0.6	3.417	139.427
3SP		2.688	0.924	2.484	105.421	
Tratamiento N°2	Repetición N° 1	3P	0.843	1.353	1.141	173.527
		3P	0.829	1.314	1.089	203.720
		3P	0.835	1.410	1.178	188.634
		9P	0.821	3.592	2.949	136.617
		3PS	0.835	1.229	1.026	115.149
	Repetición N° 2	3P	0.847	1.427	1.209	186.743
		3P	0.831	1.513	1.257	198.765
		3P	0.851	1.477	1.257	197.915
		9P	0.822	3.828	3.148	138.981
		3PS	0.605	1.308	0.791	119.095
	Repetición N° 3	3P	0.623	1.381	0.861	185.661
		3P	0.607	1.311	0.795	204.838
		3P	1.712	1.332	2.281	184.319
		9P	1.707	3.655	6.240	139.427
3PS		1.705	1.178	2.009	105.420	

FICHA DE REGISTRO DE MAGNITUDES ELÉCTRICAS EN CIRCUITO CERRADO						
Fecha:		15/04/2022		Hora:		08:00 horas
Tratamiento	Repetición	Configuración	Niveles de Voltaje (V)	Intensidad de Corriente (mA)	Potencia Eléctrica (mW)	Densidad de Potencia Eléctrica (mW/m ²)
Tratamiento N°1	Repetición N° 1	3S	2.397	0.503	1.206	142.142
		3S	2.371	0.552	1.309	154.297
		3S	2.254	0.474	1.068	125.956
		9S	5.017	0.504	2.529	149.886
		3SP	2.066	0.835	1.725	103.710
	Repetición N° 2	3S	2.226	0.5	1.113	131.214
		3S	2.2	0.572	1.258	148.356
		3S	2.301	0.556	1.279	150.827
		9S	4.941	0.523	2.584	149.148
		3SP	2.009	0.886	1.780	112.903
	Repetición N° 3	3S	2.159	0.493	1.064	125.483
		3S	2.223	0.48	1.067	125.796
		3S	2.342	0.529	1.239	146.059
		9S	4.542	0.503	2.285	143.286
		3SP	1.887	0.854	1.612	116.364
Tratamiento N°2	Repetición N° 1	3P	0.678	1.440	0.977	142.142
		3P	0.682	1.424	0.972	154.297
		3P	0.694	1.478	1.025	125.956
		9P	0.705	3.892	2.743	99.366
		3PS	0.724	1.353	0.980	67.782
	Repetición N° 2	3P	0.718	1.398	1.004	131.214
		3P	0.722	1.389	1.003	148.356
		3P	0.717	1.328	0.952	150.827
		9P	0.711	3.619	2.573	101.550
		3PS	0.447	1.314	0.587	69.960
	Repetición N° 3	3P	0.478	1.414	0.675	125.483
		3P	0.480	1.498	0.719	125.796
		3P	1.258	1.436	1.807	146.059
		9P	1.352	3.968	5.363	89.780
		3PS	1.354	1.366	1.850	63.339
Fecha:		15/04/2022		Hora:		14:00 horas
Tratamiento	Repetición	Configuración	Niveles de Voltaje (V)	Intensidad de Corriente (mA)	Potencia Eléctrica (mW)	Densidad de Potencia Eléctrica (mW/m ²)
Tratamiento N°1	Repetición N° 1	3S	2.421	0.519	1.256	148.132
		3S	2.355	0.516	1.215	143.261
		3S	2.201	0.488	1.074	126.627
		9S	4.964	0.566	2.810	110.411
		3SP	2.326	0.883	2.054	80.700
	Repetición N° 2	3S	2.283	0.49	1.119	131.883
		3S	2.189	0.539	1.180	139.098
		3S	2.418	0.467	1.129	133.125
		9S	4.945	0.488	2.413	94.831
		3SP	2.297	0.836	1.920	75.452
	Repetición N° 3	3S	2.289	0.486	1.112	131.150
		3S	2.232	0.552	1.232	145.251
		3S	2.249	0.53	1.192	140.524
		9S	4.878	0.5	2.439	95.847
		3SP	2.257	0.877	1.979	77.774
Tratamiento N°2	Repetición N° 1	3P	0.639	1.281	0.819	148.132
		3P	0.633	1.474	0.933	143.261
		3P	0.634	1.285	0.814	126.627

FICHA DE REGISTRO DE MAGNITUDES ELÉCTRICAS EN CIRCUITO CERRADO							
		9P	0.661	3.633	2.400	110.411	
		3PS	0.638	1.252	0.798	80.700	
	Repetición N° 2	3P	0.632	1.368	0.864	131.883	
		3P	0.272	1.321	0.359	139.098	
		3P	0.640	1.294	0.828	133.125	
		9P	0.617	3.422	2.113	94.831	
		3PS	0.389	1.258	0.490	75.452	
	Repetición N° 3	3P	0.389	1.286	0.501	131.150	
		3P	0.265	1.310	0.347	145.251	
		3P	1.075	1.331	1.430	140.524	
		9P	1.099	3.551	3.903	95.847	
		3PS	0.687	1.235	0.849	77.774	
	Fecha:		15/04/2022		Hora:		20:00 horas
	Tratamiento	Repetición	Configuración	Niveles de Voltaje (V)	Intensidad de Corriente (mA)	Potencia Eléctrica (mW)	Densidad de Potencia Eléctrica (mW/m ²)
Tratamiento N°1	Repetición N° 1	3S	2.764	0.507	1.401	196.165	
		3S	2.72	0.545	1.482	197.531	
		3S	2.729	0.576	1.572	201.402	
		9S	5.886	0.579	3.408	149.886	
		3SP	2.738	0.940	2.573	103.711	
	Repetición N° 2	3S	2.612	0.55	1.437	191.228	
		3S	2.7	0.541	1.461	201.490	
		3S	2.85	0.593	1.690	207.644	
		9S	5.839	0.613	3.579	149.148	
		3SP	2.721	1.012	2.753	112.903	
	Repetición N° 3	3S	2.627	0.562	1.476	187.371	
		3S	2.712	0.553	1.500	197.270	
		3S	2.664	0.564	1.502	190.638	
		9S	5.724	0.572	3.274	143.286	
3SP		2.668	1.058	2.822	116.364		
Tratamiento N°2	Repetición N° 1	3P	0.847	1.648	1.396	196.165	
		3P	0.830	1.492	1.239	197.531	
		3P	0.836	1.613	1.349	201.402	
		9P	0.855	4.246	3.630	149.886	
		3PS	0.841	1.502	1.263	103.710	
	Repetición N° 2	3P	0.837	1.489	1.246	191.228	
		3P	0.818	1.521	1.245	201.490	
		3P	0.839	1.578	1.324	207.644	
		9P	0.831	4.094	3.401	149.148	
		3PS	0.620	1.390	0.862	112.903	
	Repetición N° 3	3P	0.628	1.509	0.948	187.371	
		3P	0.615	1.502	0.924	197.270	
		3P	1.729	1.552	2.683	190.638	
		9P	1.738	4.153	7.217	143.286	
3PS		1.741	1.383	2.408	116.364		

FICHA DE REGISTRO DE MAGNITUDES ELÉCTRICAS EN CIRCUITO CERRADO						
Fecha:		16/04/2022		Hora:		08:00 horas
Tratamiento	Repetición	Configuración	Niveles de Voltaje (V)	Intensidad de Corriente (mA)	Potencia Eléctrica (mW)	Densidad de Potencia Eléctrica (mW/m ²)
Tratamiento N°1	Repetición N° 1	3S	2.349	0.539	1.266	149.265
		3S	2.295	0.534	1.226	144.481
		3S	2.361	0.557	1.315	155.038
		9S	4.785	0.579	2.771	155.778
		3SP	2.080	1.051	2.186	107.044
	Repetición N° 2	3S	2.35	0.552	1.297	152.930
		3S	2.396	0.529	1.267	149.427
		3S	2.273	0.599	1.362	160.514
		9S	4.985	0.568	2.831	157.149
	Repetición N° 3	3SP	2.092	0.948	1.983	123.354
		3S	2.267	0.551	1.249	147.262
		3S	2.346	0.581	1.363	160.691
		3S	2.405	0.578	1.390	163.881
		9S	5.102	0.569	2.903	155.982
	Tratamiento N°2	Repetición N° 1	3SP	2.011	0.879	1.768
3P			0.693	1.389	0.963	149.265
3P			0.688	1.345	0.925	144.481
3P			0.666	1.324	0.882	155.038
9P			0.677	3.548	2.401	108.874
Repetición N° 2		3PS	0.685	1.222	0.837	85.908
		3P	0.691	1.393	0.963	152.930
		3P	0.683	1.327	0.907	149.427
		3P	0.675	1.351	0.912	160.514
		9P	0.693	3.616	2.507	111.270
Repetición N° 3		3PS	0.438	1.199	0.525	77.923
		3P	0.455	1.285	0.585	147.262
		3P	0.445	1.525	0.679	160.691
		3P	1.269	1.445	1.833	163.881
		9P	1.262	3.773	4.762	114.082
Fecha:		16/04/2022		Hora:		14:00 horas
Tratamiento	Repetición	Configuración	Niveles de Voltaje (V)	Intensidad de Corriente (mA)	Potencia Eléctrica (mW)	Densidad de Potencia Eléctrica (mW/m ²)
Tratamiento N°1	Repetición N° 1	3P	1.334	1.662	69.477	
		3S	2.283	0.534	1.219	143.725
		3S	2.403	0.547	1.314	154.963
		3S	2.305	0.603	1.390	163.861
		9S	4.851	0.562	2.726	107.135
	Repetición N° 2	3SP	2.330	1.023	2.384	93.683
		3S	2.348	0.586	1.376	162.212
		3S	2.365	0.552	1.305	153.906
		3S	2.311	0.551	1.273	150.120
		9S	4.801	0.572	2.746	107.918
	Repetición N° 3	3SP	2.341	1.012	2.369	93.113
		3S	2.236	0.528	1.181	139.185
		3S	2.223	0.55	1.223	144.141
		3S	2.263	0.571	1.292	152.338
		9S	5.156	0.543	2.800	110.022
Tratamiento N°2	Repetición N° 1	3SP	2.241	0.926	2.075	81.537
		3P	0.631	1.222	0.771	143.725
		3P	0.626	1.148	0.718	154.963
		3P	0.616	1.211	0.746	163.861

FICHA DE REGISTRO DE MAGNITUDES ELÉCTRICAS EN CIRCUITO CERRADO								
	Repetición N° 2	9P	0.628	3.200	2.009	107.135		
		3PS	0.624	1.083	0.675	93.683		
		3P	0.627	1.423	0.892	162.212		
		3P	0.275	1.206	0.332	153.906		
		3P	0.622	1.270	0.790	150.120		
		9P	0.629	3.477	2.186	107.918		
		3PS	0.374	1.224	0.458	93.113		
	Repetición N° 3	3P	0.378	1.380	0.522	139.185		
		3P	0.264	1.343	0.354	144.141		
		3P	1.044	1.338	1.397	152.338		
		9P	1.062	3.583	3.806	110.022		
		3PS	0.695	1.238	0.860	81.537		
		Fecha:		16/04/2022		Hora:		20:00 horas
		Tratamiento	Repetición	Configuración	Niveles de Voltaje (V)	Intensidad de Corriente (mA)	Potencia Eléctrica (mW)	Densidad de Potencia Eléctrica (mW/m ²)
Tratamiento N°1	Repetición N° 1	3S	2.657	0.53	1.408	197.342		
		3S	2.785	0.584	1.626	216.698		
		3S	2.738	0.642	1.758	212.073		
		9S	5.864	0.596	3.495	155.778		
		3SP	2.727	0.929	2.533	107.044		
	Repetición N° 2	3S	2.725	0.606	1.651	215.885		
		3S	2.767	0.555	1.536	208.121		
		3S	2.754	0.644	1.774	217.208		
		9S	5.804	0.652	3.784	157.149		
		3SP	2.749	1.102	3.029	123.354		
	Repetición N° 3	3S	2.78	0.551	1.532	211.721		
		3S	2.704	0.567	1.533	203.701		
		3S	2.734	0.635	1.736	214.019		
		9S	5.863	0.634	3.717	155.982		
3SP		2.739	1.094	2.997	119.383			
Tratamiento N°2	Repetición N° 1	3P	0.834	1.435	1.197	197.342		
		3P	0.846	1.350	1.142	216.698		
		3P	0.839	1.325	1.112	212.073		
		9P	0.821	3.686	3.026	155.778		
		3PS	0.828	1.218	1.009	107.044		
	Repetición N° 2	3P	0.836	1.526	1.276	215.885		
		3P	0.841	1.441	1.212	208.121		
		3P	0.841	1.512	1.272	217.208		
		9P	0.819	3.932	3.220	157.149		
		3PS	0.621	1.415	0.878	123.354		
	Repetición N° 3	3P	0.603	1.459	0.879	211.721		
		3P	0.603	1.380	0.832	203.701		
		3P	1.772	1.415	2.507	214.019		
		9P	1.728	3.804	6.572	155.982		
3PS		1.739	1.336	2.324	119.383			

FICHA DE REGISTRO DE MAGNITUDES ELÉCTRICAS EN CIRCUITO CERRADO						
Fecha:		17/04/2022		Hora:		08:00 horas
Tratamiento	Repetición	Configuración	Niveles de Voltaje (V)	Intensidad de Corriente (mA)	Potencia Eléctrica (mW)	Densidad de Potencia Eléctrica (mW/m ²)
Tratamiento N°1	Repetición N° 1	3S	2.278	0.563	1.283	151.199
		3S	2.112	0.516	1.090	128.478
		3S	2.501	0.488	1.220	143.886
		9S	4.84	0.593	2.870	147.886
		3SP	2.058	0.949	1.953	123.365
	Repetición N° 2	3S	2.178	0.518	1.128	133.007
		3S	2.549	0.536	1.366	161.072
		3S	2.306	0.554	1.278	150.611
		9S	5.028	0.591	2.972	161.065
	Repetición N° 3	3SP	2.080	1.045	2.174	118.634
		3S	2.396	0.575	1.378	162.421
		3S	2.495	0.557	1.390	163.837
		3S	2.365	0.555	1.313	154.743
		9S	5.029	0.577	2.902	152.964
	Tratamiento N°2	Repetición N° 1	3P	0.635	1.319	0.838
3P			0.623	1.457	0.908	128.478
3P			0.603	1.388	0.837	143.886
9P			0.585	3.792	2.220	112.789
3PS			0.604	1.264	0.764	76.750
Repetición N° 2		3P	0.593	1.514	0.898	133.007
		3P	0.629	1.504	0.946	161.072
		3P	0.643	1.423	0.915	150.611
		9P	0.643	3.964	2.549	116.774
		3PS	0.372	1.398	0.521	85.431
Repetición N° 3		3P	0.367	1.338	0.491	162.421
		3P	0.410	1.304	0.535	163.837
		3P	1.079	1.332	1.437	154.743
		9P	0.974	3.540	3.448	114.031
		3PS	1.105	1.277	1.412	73.203
Fecha:		17/04/2022		Hora:		14:00 horas
Tratamiento	Repetición	Configuración	Niveles de Voltaje (V)	Intensidad de Corriente (mA)	Potencia Eléctrica (mW)	Densidad de Potencia Eléctrica (mW/m ²)
Tratamiento N°1	Repetición N° 1	3S	2.356	0.615	1.449	170.819
		3S	2.147	0.521	1.119	131.873
		3S	2.383	0.48	1.144	134.850
		9S	4.689	0.56	2.626	103.189
		3SP	2.295	0.876	2.011	79.016
	Repetición N° 2	3S	2.362	0.547	1.292	152.319
		3S	2.392	0.538	1.287	151.715
		3S	2.43	0.569	1.383	163.006
		9S	5.068	0.554	2.808	110.335
		3SP	2.395	0.945	2.263	88.929
	Repetición N° 3	3S	2.319	0.555	1.287	151.733
		3S	2.499	0.621	1.552	182.955
		3S	2.326	0.504	1.172	138.206
		9S	5.08	0.591	3.002	117.982
		3SP	2.381	0.883	2.103	82.632
Tratamiento N°2	Repetición N° 1	3P	0.578	1.250	0.722	170.819
		3P	0.560	1.320	0.739	131.873
		3P	0.544	1.485	0.807	134.850

FICHA DE REGISTRO DE MAGNITUDES ELÉCTRICAS EN CIRCUITO CERRADO							
		9P	0.534	3.432	1.834	103.189	
		3PS	0.612	1.238	0.757	79.016	
	Repetición N° 2	3P	0.579	1.322	0.765	152.319	
		3P	0.232	1.273	0.296	151.715	
		3P	0.603	1.182	0.713	163.006	
		9P	0.589	3.295	1.942	110.335	
		3PS	0.315	1.149	0.362	88.929	
	Repetición N° 3	3P	0.325	1.146	0.372	151.733	
		3P	0.221	1.229	0.271	182.955	
		3P	0.841	1.329	1.118	138.206	
		9P	0.912	3.173	2.893	117.982	
		3PS	0.578	1.065	0.615	82.632	
	Fecha:		17/04/2022		Hora:		20:00 horas
	Tratamiento	Repetición	Configuración	Niveles de Voltaje (V)	Intensidad de Corriente (mA)	Potencia Eléctrica (mW)	Densidad de Potencia Eléctrica (mW/m ²)
Tratamiento N°1	Repetición N° 1	3S	2.696	0.587	1.583	214.223	
		3S	2.615	0.583	1.525	201.929	
		3S	2.85	0.551	1.570	207.644	
		9S	5.659	0.593	3.356	147.886	
		3SP	2.720	1.106	3.009	123.365	
	Repetición N° 2	3S	2.772	0.564	1.563	208.497	
		3S	2.808	0.56	1.572	214.846	
		3S	2.706	0.662	1.791	216.613	
		9S	5.94	0.59	3.505	161.065	
	Repetición N° 3	3SP	2.762	1.007	2.781	118.634	
		3S	2.749	0.572	1.572	214.545	
		3S	2.834	0.647	1.834	225.857	
		3S	2.729	0.53	1.446	198.828	
		9S	5.801	0.649	3.765	152.964	
Tratamiento N°2	Repetición N° 1	3SP	2.771	1.138	3.153	127.390	
		3P	0.767	1.465	1.123	214.223	
		3P	0.771	1.418	1.093	201.929	
		3P	0.748	1.437	1.074	207.644	
		9P	0.745	3.952	2.946	147.886	
	Repetición N° 2	3PS	0.798	1.325	1.057	123.365	
		3P	0.760	1.581	1.201	208.497	
		3P	0.779	1.523	1.186	214.846	
		3P	0.804	1.457	1.171	216.613	
		9P	0.801	4.144	3.319	161.065	
	Repetición N° 3	3PS	0.545	1.365	0.744	118.634	
		3P	0.538	1.478	0.795	214.545	
		3P	0.569	1.317	0.749	225.857	
		3P	1.511	1.406	2.125	198.828	
9P		1.524	3.852	5.870	152.964		
		3PS	1.506	1.339	2.017	127.390	

FICHA DE REGISTRO DE MAGNITUDES ELÉCTRICAS EN CIRCUITO CERRADO							
Fecha:		18/04/2022		Hora:		08:00 horas	
Tratamiento	Repetición	Configuración	Niveles de Voltaje (V)	Intensidad de Corriente (mA)	Potencia Eléctrica (mW)	Densidad de Potencia Eléctrica (mW/m ²)	
Tratamiento N°1	Repetición N° 1	3S	2.351	0.521	1.225	144.403	
		3S	2.378	0.565	1.344	158.397	
		3S	2.328	0.531	1.236	145.735	
		9S	5.054	0.595	3.007	147.297	
		3SP	2.013	0.960	1.933	112.838	
	Repetición N° 2	3S	2.28	0.567	1.293	152.407	
		3S	2.261	0.483	1.092	128.746	
		3S	2.339	0.57	1.333	157.178	
		9S	4.851	0.576	2.794	158.540	
	Repetición N° 3	3SP	2.054	0.940	1.931	112.789	
		3S	2.376	0.54	1.283	151.261	
		3S	2.418	0.524	1.267	149.374	
		3S	2.33	0.551	1.284	151.354	
	Tratamiento N°2	Repetición N° 1	9S	4.975	0.58	2.886	158.757
			3SP	2.118	0.972	2.058	117.046
3P			0.705	1.359	0.958	144.403	
3P			0.678	1.466	0.993	158.397	
3P			0.698	1.392	0.972	145.735	
Repetición N° 2		9P	0.685	3.708	2.541	118.173	
		3PS	0.688	1.247	0.858	75.954	
		3P	0.708	1.255	0.889	152.407	
		3P	0.710	1.283	0.911	128.746	
Repetición N° 3		3P	0.719	1.303	0.936	157.178	
		9P	0.688	3.420	2.354	109.804	
		3PS	0.460	1.219	0.560	75.886	
		3P	0.451	1.238	0.558	151.261	
		3P	0.474	1.290	0.611	149.374	
		3P	1.248	1.457	1.818	151.354	
Repetición N° 3	9P	1.294	3.607	4.666	113.393		
	3PS	1.328	1.211	1.608	80.889		
	3PS	1.328	1.211	1.608	80.889		
Fecha:		18/04/2022		Hora:		14:00 horas	
Tratamiento	Repetición	Configuración	Niveles de Voltaje (V)	Intensidad de Corriente (mA)	Potencia Eléctrica (mW)	Densidad de Potencia Eléctrica (mW/m ²)	
Tratamiento N°1	Repetición N° 1	3S	2.426	0.555	1.346	158.734	
		3S	2.238	0.497	1.112	131.130	
		3S	2.306	0.541	1.248	147.076	
		9S	5.191	0.532	2.762	108.524	
		3SP	2.323	0.877	2.038	80.071	
	Repetición N° 2	3S	2.455	0.579	1.421	167.578	
		3S	2.309	0.506	1.168	137.740	
		3S	2.326	0.553	1.286	151.643	
		9S	5.084	0.583	2.964	116.477	
	Repetición N° 3	3SP	2.363	0.851	2.011	79.035	
		3S	2.356	0.52	1.225	144.433	
		3S	2.355	0.546	1.286	151.590	
		3S	2.194	0.543	1.191	140.450	
		9S	5.026	0.571	2.870	112.778	
	Tratamiento N°2	Repetición N° 1	3SP	2.302	0.821	1.890	74.259
3P			0.645	1.392	0.898	158.734	
3P			0.616	1.275	0.785	131.130	
Tratamiento N°2	Repetición N° 1	3P	0.632	1.266	0.801	147.076	

FICHA DE REGISTRO DE MAGNITUDES ELÉCTRICAS EN CIRCUITO CERRADO								
	Repetición N° 2	9P	0.650	3.473	2.257	108.524		
		3PS	0.636	1.233	0.784	80.071		
		3P	0.654	1.244	0.814	167.578		
		3P	0.284	1.422	0.404	137.740		
		3P	0.627	1.343	0.842	151.643		
		9P	0.636	3.590	2.284	116.477		
		3PS	0.382	1.193	0.456	79.035		
	Repetición N° 3	3P	0.399	1.301	0.519	144.433		
		3P	0.270	1.264	0.341	151.590		
		3P	1.050	1.452	1.525	140.450		
		9P	1.095	3.569	3.907	112.778		
		3PS	0.740	1.241	0.919	74.259		
		Fecha:		18/04/2022		Hora:		20:00 horas
		Tratamiento	Repetición	Configuración	Niveles de Voltaje (V)	Intensidad de Corriente (mA)	Potencia Eléctrica (mW)	Densidad de Potencia Eléctrica (mW/m ²)
Tratamiento N°1	Repetición N° 1	3S	2.809	0.595	1.671	220.222		
		3S	2.705	0.543	1.469	198.355		
		3S	2.745	0.571	1.567	212.292		
		9S	5.662	0.635	3.595	147.297		
		3SP	2.753	0.973	2.679	112.838		
	Repetición N° 2	3S	2.784	0.608	1.693	224.169		
		3S	2.773	0.61	1.692	203.669		
		3S	2.827	0.587	1.659	225.965		
		9S	5.83	0.678	3.953	158.540		
	Repetición N° 3	3SP	2.795	0.994	2.778	112.789		
		3S	2.82	0.54	1.523	206.788		
		3S	2.822	0.555	1.566	208.931		
		3S	2.701	0.568	1.534	206.023		
		9S	6.075	0.586	3.560	158.757		
Tratamiento N°2	Repetición N° 1	3SP	2.781	1.034	2.876	117.046		
		3P	0.843	1.473	1.242	220.222		
		3P	0.832	1.539	1.280	198.355		
		3P	0.843	1.593	1.343	212.291		
		9P	0.843	4.097	3.452	147.297		
	Repetición N° 2	3PS	0.843	1.447	1.220	112.838		
		3P	0.853	1.384	1.180	224.169		
		3P	0.847	1.510	1.278	203.669		
		3P	0.836	1.435	1.200	225.965		
		9P	0.823	3.845	3.164	158.540		
	Repetición N° 3	3PS	0.621	1.327	0.825	112.789		
		3P	0.617	1.541	0.951	206.788		
		3P	0.623	1.483	0.924	208.931		
		3P	1.334	1.551	2.069	206.023		
9P		1.429	4.172	5.960	158.757			
		3PS	1.549	1.408	2.181	117.046		

FICHA DE REGISTRO DE MAGNITUDES ELÉCTRICAS EN CIRCUITO CERRADO							
Fecha:		19/04/2022		Hora:		08:00 horas	
Tratamiento	Repetición	Configuración	Niveles de Voltaje (V)	Intensidad de Corriente (mA)	Potencia Eléctrica (mW)	Densidad de Potencia Eléctrica (mW/m ²)	
Tratamiento N°1	Repetición N° 1	3S	2.219	0.485	1.076	126.878	
		3S	2.334	0.565	1.319	155.466	
		3S	2.146	0.596	1.279	150.786	
		9S	4.812	0.535	2.574	157.723	
		3SP	1.961	0.953	1.869	119.008	
	Repetición N° 2	3S	2.135	0.575	1.228	144.728	
		3S	2.321	0.581	1.349	158.978	
		3S	2.269	0.495	1.123	132.412	
		9S	4.843	0.587	2.843	147.215	
	Repetición N° 3	3SP	2.025	0.967	1.958	117.817	
		3S	2.262	0.55	1.244	146.670	
		3S	2.391	0.628	1.502	177.021	
		3S	2.32	0.543	1.260	148.516	
	Tratamiento N°2	Repetición N° 1	9S	4.815	0.54	2.600	152.035
			3SP	1.995	1.057	2.109	113.363
3P			0.673	1.585	1.066	126.878	
3P			0.682	1.397	0.953	155.466	
3P			0.672	1.537	1.033	150.786	
Repetición N° 2		9P	0.682	3.991	2.721	101.168	
		3PS	0.700	1.372	0.960	73.440	
		3P	0.684	1.383	0.946	144.728	
		3P	0.709	1.434	1.016	158.978	
Repetición N° 3		3P	0.706	1.499	1.058	132.412	
		9P	0.703	3.791	2.665	111.717	
		3PS	0.436	1.320	0.575	76.939	
		3P	0.463	1.565	0.724	146.670	
		3P	0.468	1.458	0.682	177.021	
		3P	1.206	1.358	1.638	148.516	
Repetición N° 3	9P	1.238	3.881	4.803	102.177		
	3PS	1.342	1.353	1.816	82.881		
	3PS	1.342	1.353	1.816	82.881		
Fecha:		19/04/2022		Hora:		14:00 horas	
Tratamiento	Repetición	Configuración	Niveles de Voltaje (V)	Intensidad de Corriente (mA)	Potencia Eléctrica (mW)	Densidad de Potencia Eléctrica (mW/m ²)	
Tratamiento N°1	Repetición N° 1	3S	2.323	0.539	1.252	147.613	
		3S	2.32	0.55	1.276	150.431	
		3S	2.188	0.578	1.265	149.094	
		9S	4.79	0.574	2.749	108.047	
		3SP	2.277	0.933	2.124	83.485	
	Repetición N° 2	3S	2.207	0.563	1.243	146.486	
		3S	2.368	0.593	1.404	165.548	
		3S	2.454	0.527	1.293	152.465	
		9S	4.957	0.594	2.944	115.710	
	Repetición N° 3	3SP	2.343	0.997	2.336	91.798	
		3S	2.216	0.608	1.347	158.840	
		3S	2.425	0.582	1.411	166.388	
		3S	2.241	0.567	1.271	149.800	
		9S	5.184	0.532	2.758	108.378	
	Repetición N° 3	3SP	2.294	0.982	2.253	88.526	
3P		0.635	1.385	0.879	147.613		
3P		0.631	1.538	0.970	150.431		
Tratamiento N°2	Repetición N° 1	3P	0.619	1.517	0.940	149.094	
		3P	0.619	1.517	0.940	149.094	

FICHA DE REGISTRO DE MAGNITUDES ELÉCTRICAS EN CIRCUITO CERRADO							
		9P	0.620	3.957	2.452	108.047	
		3PS	0.644	1.357	0.874	83.485	
	Repetición N° 2	3P	0.644	1.424	0.917	146.486	
		3P	0.277	1.448	0.401	165.548	
		3P	0.616	1.405	0.865	152.465	
		9P	0.647	3.756	2.430	115.710	
		3PS	0.374	1.322	0.495	91.798	
	Repetición N° 3	3P	0.392	1.326	0.520	158.840	
		3P	0.258	1.407	0.363	166.388	
		3P	1.030	1.259	1.297	149.800	
		9P	1.083	3.520	3.812	108.378	
		3PS	0.733	1.259	0.923	88.526	
	Fecha:		19/04/2022		Hora:		20:00 horas
	Tratamiento	Repetición	Configuración	Niveles de Voltaje (V)	Intensidad de Corriente (mA)	Potencia Eléctrica (mW)	Densidad de Potencia Eléctrica (mW/m ²)
Tratamiento N°1	Repetición N° 1	3S	2.699	0.587	1.584	199.506	
		3S	2.866	0.613	1.757	214.892	
		3S	2.554	0.638	1.629	201.133	
		9S	5.911	0.602	3.558	157.723	
		3SP	2.706	1.056	2.858	119.008	
	Repetición N° 2	3S	2.623	0.637	1.671	201.001	
		3S	2.806	0.602	1.689	217.009	
		3S	2.755	0.606	1.670	201.372	
		9S	5.676	0.56	3.179	147.215	
	Repetición N° 3	3SP	2.728	1.028	2.804	117.817	
		3S	2.7	0.643	1.736	210.721	
		3S	2.737	0.575	1.574	217.804	
		3S	2.712	0.591	1.603	196.311	
		9S	5.783	0.613	3.545	152.035	
Tratamiento N°2	Repetición N° 1	3SP	2.716	0.984	2.673	113.363	
		3P	0.673	1.485	0.999	199.506	
		3P	0.682	1.559	1.064	214.892	
		3P	0.672	1.539	1.035	201.133	
		9P	0.682	4.099	2.794	157.723	
	Repetición N° 2	3PS	0.700	1.441	1.008	119.008	
		3P	0.684	1.429	0.978	201.001	
		3P	0.709	1.575	1.116	217.009	
		3P	0.706	1.657	1.169	201.372	
		9P	0.703	4.243	2.983	147.215	
	Repetición N° 3	3PS	0.436	1.419	0.618	117.817	
		3P	0.463	1.556	0.720	210.721	
		3P	0.468	1.383	0.647	217.804	
		3P	1.206	1.575	1.900	196.311	
9P		1.238	4.120	5.099	152.035		
		3PS	1.342	1.431	1.921	113.363	

FICHA DE REGISTRO DE MAGNITUDES ELÉCTRICAS EN CIRCUITO CERRADO							
Fecha:		20/04/2022		Hora:		08:00 horas	
Tratamiento	Repetición	Configuración	Niveles de Voltaje (V)	Intensidad de Corriente (mA)	Potencia Eléctrica (mW)	Densidad de Potencia Eléctrica (mW/m ²)	
Tratamiento N°1	Repetición N° 1	3S	2.04	0.535	1.091	128.668	
		3S	2.329	0.568	1.323	155.957	
		3S	2.249	0.571	1.284	151.395	
		9S	4.573	0.551	2.520	136.514	
		3SP	1.944	0.878	1.707	107.987	
	Repetición N° 2	3S	2.241	0.519	1.163	137.118	
		3S	2.246	0.526	1.181	139.278	
		3S	2.447	0.545	1.334	157.223	
		9S	5.336	0.539	2.876	154.407	
	Repetición N° 3	3SP	2.072	0.849	1.759	113.370	
		3S	2.278	0.497	1.132	133.474	
		3S	2.287	0.48	1.098	129.418	
		3S	2.216	0.536	1.188	140.030	
	Tratamiento N°2	Repetición N° 1	9S	4.675	0.534	2.496	139.878
			3SP	1.917	1.034	1.983	117.727
3P			0.689	1.479	1.020	128.668	
3P			0.708	1.301	0.921	155.957	
3P			0.697	1.350	0.941	151.395	
Repetición N° 2		9P	0.699	3.671	2.566	99.019	
		3PS	0.715	1.311	0.937	67.074	
		3P	0.724	1.427	1.034	137.118	
		3P	0.707	1.398	0.988	139.278	
		3P	0.713	1.406	1.002	157.223	
Repetición N° 3		9P	0.705	3.827	2.698	113.024	
		3PS	0.468	1.366	0.639	69.140	
		3P	0.473	1.419	0.671	133.474	
		3P	0.473	1.597	0.756	129.418	
		3P	1.285	1.545	1.986	140.030	
Fecha:		20/04/2022		Hora:		14:00 horas	
Tratamiento	Repetición	Configuración	Niveles de Voltaje (V)	Intensidad de Corriente (mA)	Potencia Eléctrica (mW)	Densidad de Potencia Eléctrica (mW/m ²)	
Tratamiento N°1	Repetición N° 1	9P	1.349	4.001	5.397	98.104	
		3PS	1.316	1.407	1.851	77.908	
		3P	2.145	0.529	1.135	133.773	
		3S	2.287	0.56	1.281	150.987	
		3S	2.259	0.575	1.299	153.134	
	Repetición N° 2	9S	4.67	0.54	2.522	99.100	
		3SP	2.230	0.954	2.128	83.615	
		3S	2.451	0.609	1.493	175.973	
		3S	2.425	0.611	1.482	174.678	
		3S	2.328	0.493	1.148	135.306	
	Repetición N° 3	9S	5.308	0.611	3.243	127.449	
		3SP	2.401	0.906	2.176	85.496	
		3S	2.336	0.562	1.313	154.773	
		3S	2.35	0.532	1.250	147.389	
		3S	2.143	0.513	1.099	129.606	
Tratamiento N°2	Repetición N° 1	9S	4.992	0.561	2.801	110.053	
		3SP	2.276	0.897	2.042	80.240	
		3P	0.632	1.313	0.830	133.773	
		3P	0.643	1.337	0.860	150.987	
		3P	0.640	1.270	0.813	153.134	

FICHA DE REGISTRO DE MAGNITUDES ELÉCTRICAS EN CIRCUITO CERRADO								
	Repetición N° 2	9P	0.643	3.385	2.175	99.100		
		3PS	0.643	1.207	0.776	83.615		
		3P	0.643	1.323	0.851	175.973		
		3P	0.271	1.430	0.388	174.678		
		3P	0.630	1.436	0.905	135.306		
		9P	0.634	3.716	2.355	127.449		
	Repetición N° 3	3PS	0.395	1.293	0.510	85.496		
		3P	0.398	1.259	0.501	154.773		
		3P	0.257	1.491	0.383	147.389		
		3P	1.086	1.429	1.551	129.606		
		9P	1.092	3.777	4.123	110.053		
		3PS	0.708	1.319	0.933	80.240		
		Fecha:		20/04/2022		Hora:		20:00 horas
		Tratamiento	Repetición	Configuración	Niveles de Voltaje (V)	Intensidad de Corriente (mA)	Potencia Eléctrica (mW)	Densidad de Potencia Eléctrica (mW/m ²)
Tratamiento N°1	Repetición N° 1	3S	2.488	0.612	1.523	189.189		
		3S	2.723	0.612	1.666	208.985		
		3S	2.603	0.536	1.395	193.024		
		9S	5.216	0.619	3.229	136.514		
		3SP	2.605	0.977	2.545	107.987		
	Repetición N° 2	3S	2.864	0.569	1.630	219.469		
		3S	2.691	0.59	1.588	210.653		
		3S	2.864	0.56	1.604	206.301		
		9S	5.882	0.577	3.394	154.407		
		3SP	2.806	0.941	2.641	113.370		
	Repetición N° 3	3S	2.676	0.574	1.536	190.550		
		3S	2.754	0.568	1.564	197.728		
		3S	2.674	0.63	1.685	209.007		
		9S	5.553	0.56	3.110	139.879		
3SP		2.701	1.044	2.820	117.727			
Tratamiento N°2	Repetición N° 1	3P	0.689	1.395	0.962	189.189		
		3P	0.708	1.545	1.094	208.985		
		3P	0.697	1.456	1.015	193.024		
		9P	0.699	3.950	2.761	136.514		
		3PS	0.715	1.333	0.953	107.987		
	Repetición N° 2	3P	0.724	1.461	1.058	219.469		
		3P	0.707	1.435	1.015	210.653		
		3P	0.713	1.446	1.031	206.301		
		9P	0.705	3.915	2.760	154.407		
		3PS	0.468	1.392	0.652	113.370		
	Repetición N° 3	3P	0.473	1.627	0.769	190.550		
		3P	0.473	1.554	0.735	197.728		
		3P	1.285	1.526	1.961	209.007		
		9P	1.349	4.218	5.690	139.878		
3PS		1.316	1.430	1.881	117.727			

FICHA DE REGISTRO DE MAGNITUDES ELÉCTRICAS EN CIRCUITO CERRADO							
Fecha:		21/04/2022		Hora:		08:00 horas	
Tratamiento	Repetición	Configuración	Niveles de Voltaje (V)	Intensidad de Corriente (mA)	Potencia Eléctrica (mW)	Densidad de Potencia Eléctrica (mW/m²)	
Tratamiento N°1	Repetición N° 1	3S	2.366	0.55	1.301	153.414	
		3S	2.467	0.582	1.436	169.269	
		3S	2.369	0.469	1.111	130.986	
		9S	5.158	0.597	3.079	156.344	
		3SP	2.090	0.960	2.006	124.498	
	Repetición N° 2	3S	2.363	0.505	1.193	140.683	
		3S	2.472	0.524	1.295	152.710	
		3S	2.407	0.521	1.254	147.843	
		9S	5.096	0.593	3.022	152.017	
	Repetición N° 3	3SP	2.193	0.965	2.116	114.549	
		3S	2.314	0.573	1.326	156.316	
		3S	2.276	0.573	1.304	153.749	
		3S	2.297	0.521	1.197	141.086	
	Tratamiento N°2	Repetición N° 1	9S	5.081	0.534	2.713	153.949
			3SP	2.018	0.962	1.941	122.021
3P			0.685	1.410	0.965	153.414	
3P			0.708	1.385	0.981	169.269	
3P			0.678	1.295	0.878	130.986	
Repetición N° 2		9P	0.671	3.652	2.452	121.010	
		3PS	0.692	1.233	0.853	78.834	
		3P	0.698	1.332	0.930	140.683	
		3P	0.694	1.390	0.965	152.710	
Repetición N° 3		3P	0.680	1.236	0.840	147.843	
		9P	0.663	3.581	2.375	118.754	
		3PS	0.454	1.245	0.566	83.163	
		3P	0.440	1.441	0.634	156.316	
		3P	0.436	1.352	0.590	153.749	
		3P	1.271	1.463	1.860	141.086	
Repetición N° 3	9P	1.273	3.647	4.643	106.624		
	3PS	1.246	1.292	1.610	76.276		
Fecha:		21/04/2022		Hora:		14:00 horas	
Tratamiento	Repetición	Configuración	Niveles de Voltaje (V)	Intensidad de Corriente (mA)	Potencia Eléctrica (mW)	Densidad de Potencia Eléctrica (mW/m²)	
Tratamiento N°1	Repetición N° 1	3S	2.303	0.498	1.147	135.210	
		3S	2.404	0.603	1.450	170.898	
		3S	2.358	0.465	1.096	129.266	
		9S	4.953	0.499	2.472	97.126	
		3SP	2.355	0.948	2.233	87.733	
	Repetición N° 2	3S	2.416	0.575	1.389	163.776	
		3S	2.368	0.486	1.151	135.676	
		3S	2.33	0.565	1.316	155.200	
		9S	4.785	0.562	2.689	105.678	
	Repetición N° 3	3SP	2.371	0.954	2.262	88.901	
		3S	2.296	0.531	1.219	143.732	
		3S	2.431	0.52	1.264	149.030	
		3S	2.412	0.501	1.208	142.463	
		9S	5.09	0.546	2.779	109.213	
	Tratamiento N°2	Repetición N° 1	3SP	2.380	0.903	2.149	84.444
3P			0.622	1.325	0.824	135.210	
3P			0.639	1.338	0.855	170.898	
		3P	0.621	1.421	0.883	129.266	

FICHA DE REGISTRO DE MAGNITUDES ELÉCTRICAS EN CIRCUITO CERRADO							
		9P	0.631	3.537	2.232	97.126	
		3PS	0.607	1.285	0.780	87.733	
	Repetición N° 2	3P	0.616	1.324	0.815	163.776	
		3P	0.292	1.222	0.357	135.676	
		3P	0.631	1.220	0.770	155.200	
		9P	0.639	3.265	2.085	105.678	
		3PS	0.379	1.114	0.423	88.901	
	Repetición N° 3	3P	0.373	1.290	0.481	143.732	
		3P	0.274	1.282	0.351	149.030	
		3P	1.055	1.392	1.469	142.463	
		9P	1.044	3.484	3.638	109.213	
		3PS	0.732	1.213	0.888	84.444	
	Fecha:		21/04/2022		Hora:		20:00 horas
	Tratamiento	Repetición	Configuración	Niveles de Voltaje (V)	Intensidad de Corriente (mA)	Potencia Eléctrica (mW)	Densidad de Potencia Eléctrica (mW/m ²)
Tratamiento N°1	Repetición N° 1	3S	2.634	0.614	1.617	200.291	
		3S	2.858	0.603	1.723	227.096	
		3S	2.787	0.513	1.430	198.126	
		9S	5.938	0.578	3.432	156.344	
		3SP	2.760	1.113	3.072	124.498	
	Repetición N° 2	3S	2.761	0.569	1.571	208.321	
		3S	2.746	0.582	1.598	208.808	
		3S	2.774	0.592	1.642	205.704	
		9S	5.924	0.635	3.762	152.017	
		3SP	2.760	0.975	2.691	114.549	
	Repetición N° 3	3S	2.823	0.628	1.773	212.999	
		3S	2.701	0.581	1.569	198.062	
		3S	2.808	0.616	1.730	214.515	
		9S	5.891	0.647	3.811	153.949	
3SP		2.777	1.031	2.863	122.021		
Tratamiento N°2	Repetición N° 1	3P	0.685	1.471	1.007	200.291	
		3P	0.708	1.455	1.031	227.095	
		3P	0.678	1.460	0.990	198.126	
		9P	0.671	3.830	2.571	156.344	
		3PS	0.692	1.271	0.879	124.498	
	Repetición N° 2	3P	0.698	1.417	0.989	208.321	
		3P	0.694	1.507	1.046	208.808	
		3P	0.680	1.310	0.891	205.704	
		9P	0.663	3.855	2.557	152.017	
		3PS	0.454	1.352	0.614	114.549	
	Repetición N° 3	3P	0.440	1.488	0.655	212.999	
		3P	0.436	1.505	0.656	198.062	
		3P	1.271	1.497	1.903	214.515	
		9P	1.273	3.993	5.083	153.949	
3PS		1.246	1.387	1.729	122.021		

FICHA DE REGISTRO DE MAGNITUDES ELÉCTRICAS EN CIRCUITO CERRADO						
Fecha:		22/04/2022		Hora:		08:00 horas
Tratamiento	Repetición	Configuración	Niveles de Voltaje (V)	Intensidad de Corriente (mA)	Potencia Eléctrica (mW)	Densidad de Potencia Eléctrica (mW/m²)
Tratamiento N°1	Repetición N° 1	3S	2.314	0.508	1.176	138.584
		3S	2.339	0.567	1.326	156.351
		3S	2.463	0.592	1.458	171.899
		9S	5.104	0.567	2.894	150.802
		3SP	2.116	0.910	1.926	120.489
	Repetición N° 2	3S	2.478	0.54	1.338	157.754
		3S	2.492	0.52	1.296	152.770
		3S	2.44	0.568	1.386	163.390
		9S	5.254	0.556	2.921	151.624
		3SP	2.142	0.983	2.106	115.346
	Repetición N° 3	3S	2.413	0.564	1.361	160.444
		3S	2.356	0.57	1.343	158.320
		3S	2.415	0.548	1.323	156.021
		9S	4.728	0.524	2.477	152.254
		3SP	2.030	0.986	2.001	107.113
Tratamiento N°2	Repetición N° 1	3P	0.681	1.491	1.015	138.584
		3P	0.688	1.396	0.960	156.351
		3P	0.679	1.323	0.899	171.899
		9P	0.677	3.726	2.523	113.726
		3PS	0.679	1.314	0.892	75.670
	Repetición N° 2	3P	0.684	1.377	0.942	157.754
		3P	0.699	1.451	1.014	152.770
		3P	0.715	1.365	0.976	163.390
		9P	0.710	3.773	2.680	114.797
		3PS	0.437	1.271	0.555	82.744
	Repetición N° 3	3P	0.447	1.384	0.618	160.444
		3P	0.469	1.325	0.621	158.320
		3P	1.255	1.403	1.761	156.021
		9P	1.268	3.672	4.655	97.358
		3PS	1.328	1.266	1.681	78.644
Fecha:		22/04/2022		Hora:		14:00 horas
Tratamiento	Repetición	Configuración	Niveles de Voltaje (V)	Intensidad de Corriente (mA)	Potencia Eléctrica (mW)	Densidad de Potencia Eléctrica (mW/m²)
Tratamiento N°1	Repetición N° 1	3S	2.257	0.495	1.117	131.711
		3S	2.333	0.564	1.316	155.124
		3S	2.315	0.561	1.299	153.109
		9S	4.84	0.513	2.483	97.573
		3SP	2.302	0.956	2.200	86.470
	Repetición N° 2	3S	2.459	0.593	1.458	171.909
		3S	2.493	0.565	1.409	166.057
		3S	2.381	0.504	1.200	141.474
		9S	5.331	0.534	2.847	111.870
		3SP	2.444	0.954	2.332	91.638
	Repetición N° 3	3S	2.373	0.542	1.286	151.629
		3S	2.404	0.543	1.305	153.894
		3S	2.404	0.588	1.414	166.647
		9S	5.084	0.537	2.730	107.286
		3SP	2.394	0.900	2.154	84.659
Tratamiento N°2	Repetición N° 1	3P	0.607	1.369	0.831	131.711
		3P	0.619	1.445	0.895	155.124
		3P	0.614	1.349	0.829	153.109

FICHA DE REGISTRO DE MAGNITUDES ELÉCTRICAS EN CIRCUITO CERRADO						
		9P	0.619	3.666	2.268	97.573
		3PS	0.634	1.260	0.798	86.470
	Repetición N° 2	3P	0.637	1.470	0.936	171.909
		3P	0.338	1.390	0.470	166.057
		3P	0.612	1.298	0.794	141.474
		9P	0.627	3.628	2.274	111.870
		3PS	0.368	1.238	0.455	91.638
		3P	0.379	1.433	0.543	151.629
	Repetición N° 3	3P	0.271	1.362	0.368	153.894
		3P	1.012	1.211	1.226	166.647
		9P	1.053	3.650	3.845	107.286
		3PS	0.746	1.283	0.957	84.659
	Fecha:		22/04/2022		Hora:	
Tratamiento	Repetición	Configuración	Niveles de Voltaje (V)	Intensidad de Corriente (mA)	Potencia Eléctrica (mW)	Densidad de Potencia Eléctrica (mW/m ²)
Tratamiento N°1	Repetición N° 1	3S	2.715	0.519	1.409	197.168
		3S	2.749	0.568	1.561	214.545
		3S	2.898	0.591	1.713	225.149
		9S	5.788	0.627	3.629	150.802
		3SP	2.787	1.000	2.787	120.489
	Repetición N° 2	3S	2.775	0.638	1.770	215.920
		3S	2.801	0.558	1.563	211.669
		3S	2.739	0.624	1.709	206.015
		9S	5.776	0.612	3.535	151.624
		3SP	2.772	0.977	2.708	115.346
	Repetición N° 3	3S	2.702	0.606	1.637	197.498
		3S	2.832	0.61	1.728	217.351
		3S	2.734	0.537	1.468	203.061
		9S	5.8	0.604	3.503	152.254
3SP		2.756	0.927	2.555	107.113	
Tratamiento N°2	Repetición N° 1	3P	0.681	1.556	1.060	197.168
		3P	0.688	1.616	1.112	214.545
		3P	0.679	1.606	1.091	225.149
		9P	0.677	4.378	2.964	150.802
		3PS	0.679	1.484	1.007	120.489
	Repetición N° 2	3P	0.684	1.574	1.077	215.920
		3P	0.699	1.442	1.007	211.669
		3P	0.715	1.403	1.003	206.015
		9P	0.710	3.936	2.796	151.624
		3PS	0.437	1.339	0.585	115.346
	Repetición N° 3	3P	0.447	1.563	0.698	197.498
		3P	0.469	1.490	0.699	217.350
		3P	1.255	1.596	2.004	203.060
		9P	1.268	4.274	5.418	152.254
3PS		1.328	1.431	1.900	107.113	

FICHA DE REGISTRO DE MAGNITUDES ELÉCTRICAS EN CIRCUITO CERRADO						
Fecha:		23/04/2022		Hora:		08:00 horas
Tratamiento	Repetición	Configuración	Niveles de Voltaje (V)	Intensidad de Corriente (mA)	Potencia Eléctrica (mW)	Densidad de Potencia Eléctrica (mW/m ²)
Tratamiento N°1	Repetición N° 1	3S	2.075	0.572	1.187	139.927
		3S	2.147	0.544	1.168	137.695
		3S	2.17	0.596	1.293	152.473
		9S	4.367	0.535	2.336	130.766
		3SP	1.874	1.029	1.928	106.182
	Repetición N° 2	3S	2.06	0.5	1.030	121.429
		3S	2.266	0.616	1.396	164.561
		3S	2.229	0.533	1.188	140.063
		9S	4.425	0.519	2.297	146.708
		3SP	1.868	0.828	1.547	108.954
	Repetición N° 3	3S	2.19	0.494	1.082	127.543
		3S	2.223	0.494	1.098	129.465
		3S	2.225	0.505	1.124	132.467
		9S	4.621	0.505	2.334	149.352
		3SP	1.977	0.921	1.821	119.711
Tratamiento N°2	Repetición N° 1	3P	0.679	1.345	0.913	139.927
		3P	0.700	1.508	1.055	137.695
		3P	0.705	1.502	1.059	152.473
		9P	0.691	3.901	2.696	91.813
		3PS	0.694	1.324	0.919	75.766
	Repetición N° 2	3P	0.710	1.454	1.033	121.429
		3P	0.709	1.499	1.062	164.561
		3P	0.680	1.428	0.971	140.063
		9P	0.642	3.995	2.566	90.250
		3PS	0.463	1.292	0.599	60.782
	Repetición N° 3	3P	0.452	1.498	0.676	127.543
		3P	0.429	1.464	0.628	129.465
		3P	1.278	1.516	1.938	132.467
		9P	1.290	3.925	5.062	91.705
		3PS	1.262	1.369	1.727	71.542
Fecha:		23/04/2022		Hora:		14:00 horas
Tratamiento	Repetición	Configuración	Niveles de Voltaje (V)	Intensidad de Corriente (mA)	Potencia Eléctrica (mW)	Densidad de Potencia Eléctrica (mW/m ²)
Tratamiento N°1	Repetición N° 1	3S	2.176	0.529	1.151	135.707
		3S	2.101	0.543	1.141	134.497
		3S	2.201	0.55	1.211	142.715
		9S	4.401	0.595	2.619	102.904
		3SP	2.159	0.978	2.112	82.990
	Repetición N° 2	3S	2.189	0.547	1.197	141.163
		3S	2.282	0.601	1.371	161.688
		3S	2.393	0.533	1.275	150.368
		9S	4.768	0.608	2.899	113.921
		3SP	2.288	0.898	2.055	80.742
	Repetición N° 3	3S	2.348	0.477	1.120	132.039
		3S	2.443	0.501	1.224	144.294
		3S	2.312	0.535	1.237	145.824
		9S	5.066	0.483	2.447	96.156
		3SP	2.368	0.943	2.233	87.740
Tratamiento N°2	Repetición N° 1	3P	0.599	1.462	0.876	135.707
		3P	0.634	1.340	0.850	134.497
		3P	0.647	1.538	0.996	142.715

FICHA DE REGISTRO DE MAGNITUDES ELÉCTRICAS EN CIRCUITO CERRADO						
		9P	0.620	3.873	2.400	102.904
		3PS	0.586	1.334	0.782	82.990
	Repetición N° 2	3P	0.639	1.354	0.865	141.163
		3P	0.336	1.373	0.461	161.688
		3P	0.618	1.417	0.876	150.368
		9P	0.633	3.750	2.373	113.921
		3PS	0.375	1.266	0.475	80.742
		3P	0.364	1.366	0.497	132.039
	Repetición N° 3	3P	0.284	1.459	0.414	144.294
		3P	1.051	1.334	1.402	145.824
		9P	1.018	3.684	3.749	96.156
		3PS	0.755	1.261	0.952	87.740
	Fecha:		23/04/2022		Hora:	
Tratamiento	Repetición	Configuración	Niveles de Voltaje (V)	Intensidad de Corriente (mA)	Potencia Eléctrica (mW)	Densidad de Potencia Eléctrica (mW/m ²)
Tratamiento N°1	Repetición N° 1	3S	2.468	0.596	1.471	182.140
		3S	2.457	0.551	1.354	185.384
		3S	2.672	0.631	1.686	210.426
		9S	5.019	0.591	2.966	130.766
		3SP	2.532	1.019	2.580	106.182
	Repetición N° 2	3S	2.556	0.57	1.457	190.141
		3S	2.683	0.61	1.637	216.353
		3S	2.751	0.527	1.450	203.026
		9S	5.474	0.626	3.427	146.708
		3SP	2.663	0.981	2.613	108.954
	Repetición N° 3	3S	2.778	0.561	1.558	202.726
		3S	2.801	0.587	1.644	215.962
		3S	2.729	0.541	1.476	202.046
		9S	5.838	0.565	3.298	149.352
3SP		2.769	1.061	2.938	119.711	
Tratamiento N°2	Repetición N° 1	3P	0.679	1.614	1.095	182.140
		3P	0.700	1.586	1.110	185.384
		3P	0.705	1.597	1.126	210.426
		9P	0.691	4.277	2.955	130.766
		3PS	0.694	1.518	1.054	106.182
	Repetición N° 2	3P	0.710	1.559	1.107	190.141
		3P	0.709	1.545	1.095	216.353
		3P	0.680	1.571	1.068	203.026
		9P	0.642	4.155	2.669	146.708
		3PS	0.463	1.440	0.667	108.954
	Repetición N° 3	3P	0.452	1.537	0.694	202.726
		3P	0.429	1.595	0.684	215.962
		3P	1.278	1.542	1.971	202.046
		9P	1.290	4.122	5.316	149.352
3PS		1.262	1.474	1.860	119.711	

FICHA DE REGISTRO DE MAGNITUDES ELÉCTRICAS EN CIRCUITO CERRADO							
Fecha:		24/04/2022		Hora:		08:00 horas	
Tratamiento	Repetición	Configuración	Niveles de Voltaje (V)	Intensidad de Corriente (mA)	Potencia Eléctrica (mW)	Densidad de Potencia Eléctrica (mW/m ²)	
Tratamiento N°1	Repetición N° 1	3S	1.936	0.57	1.104	130.100	
		3S	2.345	0.576	1.351	159.240	
		3S	2.151	0.591	1.271	149.870	
		9S	4.358	0.589	2.567	142.497	
		3SP	1.850	0.896	1.658	104.002	
	Repetición N° 2	3S	2.214	0.559	1.238	145.907	
		3S	2.282	0.531	1.212	142.855	
		3S	2.31	0.583	1.347	158.769	
		9S	4.893	0.529	2.588	159.859	
	Repetición N° 3	3SP	2.011	1.039	2.089	126.362	
		3S	2.374	0.509	1.208	142.457	
		3S	2.301	0.575	1.323	155.981	
		3S	2.479	0.533	1.321	155.772	
	Tratamiento N°2	Repetición N° 1	9S	4.92	0.525	2.583	145.404
			3SP	2.028	0.994	2.016	117.208
3P			0.674	1.628	1.097	130.097	
3P			0.665	1.550	1.031	159.240	
3P			0.685	1.466	1.004	149.870	
Repetición N° 2		9P	0.677	4.107	2.779	100.871	
		3PS	0.673	1.407	0.946	65.140	
		3P	0.669	1.451	0.971	145.907	
		3P	0.665	1.519	1.010	142.855	
Repetición N° 3		3P	0.674	1.482	0.998	158.769	
		9P	0.693	3.958	2.743	101.718	
		3PS	0.447	1.334	0.596	82.096	
		3P	0.430	1.470	0.632	142.457	
		3P	0.432	1.353	0.585	155.981	
Fecha:		24/04/2022		Hora:		14:00 horas	
Tratamiento	Repetición	Configuración	Niveles de Voltaje (V)	Intensidad de Corriente (mA)	Potencia Eléctrica (mW)	Densidad de Potencia Eléctrica (mW/m ²)	
Tratamiento N°1	Repetición N° 1	3P	1.233	1.438	1.773	155.772	
		9P	1.227	3.630	4.453	101.505	
		3PS	1.232	1.277	1.574	79.204	
		3P	0.430	1.470	0.632	142.457	
		3P	0.432	1.353	0.585	155.981	
	Repetición N° 2	3P	1.233	1.438	1.773	155.772	
		9P	1.227	3.630	4.453	101.505	
		3PS	1.232	1.277	1.574	79.204	
		3P	0.430	1.470	0.632	142.457	
	Repetición N° 3	3P	0.432	1.353	0.585	155.981	
		3P	0.430	1.470	0.632	142.457	
		3P	0.432	1.353	0.585	155.981	
		3P	1.233	1.438	1.773	155.772	
		9P	1.227	3.630	4.453	101.505	
	Fecha:		24/04/2022		Hora:		14:00 horas
Tratamiento	Repetición	Configuración	Niveles de Voltaje (V)	Intensidad de Corriente (mA)	Potencia Eléctrica (mW)	Densidad de Potencia Eléctrica (mW/m ²)	
Tratamiento N°2	Repetición N° 1	3P	0.614	1.412	0.866	127.489	
		3P	0.616	1.517	0.934	168.983	
		3P	0.622	1.457	0.907	132.829	
		3S	1.938	0.558	1.081	127.489	
		3S	2.381	0.602	1.433	168.983	
	Repetición N° 2	3S	2.142	0.526	1.127	132.829	
		9S	4.37	0.54	2.360	92.734	
		3SP	2.154	0.893	1.923	75.578	
		3S	2.334	0.565	1.319	155.466	
	Repetición N° 3	3S	2.339	0.487	1.139	134.291	
		3S	2.426	0.503	1.220	143.862	
		9S	5.126	0.537	2.753	108.173	
		3SP	2.366	0.933	2.208	86.761	
		3S	2.346	0.521	1.222	144.096	

FICHA DE REGISTRO DE MAGNITUDES ELÉCTRICAS EN CIRCUITO CERRADO							
		9P	0.626	3.966	2.483	92.734	
		3PS	0.651	1.411	0.918	75.578	
	Repetición N° 2	3P	0.658	1.407	0.926	155.466	
		3P	0.320	1.430	0.458	134.291	
		3P	0.654	1.489	0.973	143.862	
		9P	0.630	3.803	2.397	108.173	
		3PS	0.366	1.340	0.491	86.761	
	Repetición N° 3	3P	0.397	1.378	0.547	144.096	
		3P	0.280	1.257	0.352	166.032	
		3P	1.040	1.224	1.273	153.349	
		9P	1.097	3.355	3.680	109.529	
		3PS	0.773	1.188	0.918	83.401	
	Fecha:		24/04/2022		Hora:		20:00 horas
	Tratamiento	Repetición	Configuración	Niveles de Voltaje (V)	Intensidad de Corriente (mA)	Potencia Eléctrica (mW)	Densidad de Potencia Eléctrica (mW/m ²)
Tratamiento N°1	Repetición N° 1	3S	2.442	0.564	1.377	183.964	
		3S	2.602	0.619	1.611	197.551	
		3S	2.496	0.558	1.393	189.503	
		9S	5.372	0.661	3.551	142.497	
		3SP	2.513	1.041	2.616	104.003	
	Repetición N° 2	3S	2.781	0.66	1.835	227.862	
		3S	2.737	0.543	1.486	204.574	
		3S	2.834	0.613	1.737	215.165	
		9S	5.887	0.598	3.520	159.859	
		3SP	2.784	1.114	3.101	126.362	
	Repetición N° 3	3S	2.769	0.523	1.448	197.499	
		3S	2.753	0.63	1.734	213.884	
		3S	2.786	0.589	1.641	201.996	
		9S	5.71	0.6	3.426	145.404	
3SP		2.769	1.005	2.783	117.208		
Tratamiento N°2	Repetición N° 1	3P	0.674	1.524	1.027	183.964	
		3P	0.665	1.585	1.055	197.551	
		3P	0.685	1.559	1.067	189.503	
		9P	0.677	4.181	2.829	142.497	
		3PS	0.673	1.492	1.004	104.002	
	Repetición N° 2	3P	0.669	1.447	0.969	227.862	
		3P	0.665	1.609	1.069	204.574	
		3P	0.674	1.447	0.975	215.165	
		9P	0.693	4.141	2.870	159.859	
		3PS	0.447	1.457	0.651	126.362	
	Repetición N° 3	3P	0.430	1.423	0.612	197.499	
		3P	0.432	1.491	0.644	213.884	
		3P	1.233	1.477	1.821	201.996	
		9P	1.227	3.934	4.826	145.404	
3PS		1.232	1.397	1.722	117.208		

FICHA DE REGISTRO DE MAGNITUDES ELÉCTRICAS EN CIRCUITO CERRADO						
Fecha:		25/04/2022		Hora:		08:00 horas
Tratamiento	Repetición	Configuración	Niveles de Voltaje (V)	Intensidad de Corriente (mA)	Potencia Eléctrica (mW)	Densidad de Potencia Eléctrica (mW/m ²)
Tratamiento N°1	Repetición N° 1	3S	2.291	0.567	1.299	153.142
		3S	2.364	0.551	1.303	153.563
		3S	2.367	0.49	1.160	136.735
		9S	4.835	0.6	2.901	150.249
		3SP	2.020	0.920	1.858	121.687
	Repetición N° 2	3S	2.303	0.582	1.340	158.017
		3S	2.316	0.504	1.167	137.612
		3S	2.401	0.521	1.251	147.474
		9S	4.904	0.61	2.991	153.720
	Repetición N° 3	3SP	2.070	0.926	1.917	117.910
		3S	2.306	0.514	1.185	139.736
		3S	2.381	0.586	1.395	164.491
		3S	2.402	0.564	1.355	159.712
		9S	4.67	0.616	2.877	150.446
	Tratamiento N°2	Repetición N° 1	3SP	2.003	1.014	2.031
3P			0.736	1.454	1.070	153.142
3P			0.701	1.369	0.960	153.563
3P			0.658	1.473	0.970	136.735
9P			0.704	3.829	2.694	114.002
Repetición N° 2		3PS	0.661	1.322	0.873	73.018
		3P	0.674	1.556	1.048	158.017
		3P	0.666	1.485	0.989	137.612
		3P	0.675	1.379	0.931	147.474
		9P	0.669	4.074	2.727	117.556
Repetición N° 3		3PS	0.463	1.356	0.628	75.326
		3P	0.434	1.388	0.603	139.736
		3P	0.440	1.404	0.618	164.491
		3P	1.278	1.273	1.627	159.712
		9P	1.253	3.620	4.536	113.048
Fecha:		25/04/2022		Hora:		14:00 horas
Tratamiento	Repetición	Configuración	Niveles de Voltaje (V)	Intensidad de Corriente (mA)	Potencia Eléctrica (mW)	Densidad de Potencia Eléctrica (mW/m ²)
Tratamiento N°1	Repetición N° 1	3P	1.200	1.253	1.504	79.815
		3P	0.659	1.457	0.960	141.416
		3P	0.630	1.379	0.869	148.041
		3P	0.606	1.340	0.812	139.279
		3S	2.259	0.531	1.200	141.416
	Repetición N° 2	3S	2.279	0.551	1.256	148.041
		3S	2.294	0.515	1.181	139.279
		9S	4.781	0.489	2.338	91.874
		3SP	2.277	0.968	2.204	86.630
		3S	2.31	0.57	1.317	155.229
		3S	2.302	0.571	1.314	154.963
		3S	2.247	0.51	1.146	135.101
		9S	4.85	0.545	2.643	103.873
		3SP	2.286	0.918	2.099	82.480
		Repetición N° 3	3S	2.3	0.51	1.173
3S	2.396		0.584	1.399	164.963	
3S	2.331		0.524	1.221	143.999	
9S	4.92		0.603	2.967	116.586	
3SP	2.342		0.887	2.078	81.646	
Tratamiento N°2	Repetición N° 1	3P	0.659	1.457	0.960	141.416
		3P	0.630	1.379	0.869	148.041
		3P	0.606	1.340	0.812	139.279

FICHA DE REGISTRO DE MAGNITUDES ELÉCTRICAS EN CIRCUITO CERRADO							
		9P	0.610	3.797	2.315	91.874	
		3PS	0.624	1.307	0.815	86.630	
	Repetición N° 2	3P	0.614	1.372	0.843	155.229	
		3P	0.320	1.419	0.455	154.963	
		3P	0.632	1.410	0.891	135.101	
		9P	0.628	3.725	2.339	103.873	
		3PS	0.386	1.290	0.498	82.480	
	Repetición N° 3	3P	0.372	1.341	0.499	138.288	
		3P	0.272	1.366	0.371	164.963	
		3P	1.073	1.380	1.480	143.999	
		9P	1.005	3.595	3.612	116.586	
		3PS	0.756	1.283	0.970	81.646	
	Fecha:		25/04/2022		Hora:		20:00 horas
	Tratamiento	Repetición	Configuración	Niveles de Voltaje (V)	Intensidad de Corriente (mA)	Potencia Eléctrica (mW)	Densidad de Potencia Eléctrica (mW/m ²)
Tratamiento N°1	Repetición N° 1	3S	2.664	0.612	1.630	206.655	
		3S	2.751	0.521	1.433	200.756	
		3S	2.741	0.616	1.688	203.904	
		9S	5.793	0.573	3.319	150.249	
		3SP	2.719	1.129	3.069	121.687	
	Repetición N° 2	3S	2.753	0.559	1.539	210.963	
		3S	2.712	0.545	1.478	201.107	
		3S	2.681	0.582	1.560	200.704	
		9S	5.9	0.62	3.658	153.720	
		3SP	2.715	1.048	2.846	117.910	
	Repetición N° 3	3S	2.639	0.583	1.539	205.027	
		3S	2.722	0.553	1.505	205.378	
		3S	2.747	0.606	1.665	215.361	
		9S	5.714	0.583	3.331	150.446	
3SP		2.703	0.972	2.627	111.200		
Tratamiento N°2	Repetición N° 1	3P	0.736	1.506	1.108	206.655	
		3P	0.701	1.494	1.047	200.756	
		3P	0.658	1.466	0.965	203.904	
		9P	0.704	4.073	2.866	150.249	
		3PS	0.661	1.375	0.908	121.687	
	Repetición N° 2	3P	0.674	1.580	1.064	210.963	
		3P	0.666	1.523	1.014	201.107	
		3P	0.675	1.477	0.997	200.704	
		9P	0.669	4.135	2.768	153.720	
		3PS	0.463	1.465	0.679	117.910	
	Repetición N° 3	3P	0.434	1.535	0.667	205.027	
		3P	0.440	1.503	0.661	205.378	
		3P	1.278	1.461	1.868	215.361	
		9P	1.253	4.103	5.141	150.446	
3PS		1.200	1.441	1.730	111.200		

FICHA DE REGISTRO DE MAGNITUDES ELÉCTRICAS EN CIRCUITO CERRADO							
Fecha:		26/04/2022		Hora:		08:00 horas	
Tratamiento	Repetición	Configuración	Niveles de Voltaje (V)	Intensidad de Corriente (mA)	Potencia Eléctrica (mW)	Densidad de Potencia Eléctrica (mW/m ²)	
Tratamiento N°1	Repetición N° 1	3S	2.206	0.549	1.211	142.779	
		3S	2.244	0.519	1.165	137.302	
		3S	2.285	0.588	1.344	158.398	
		9S	4.602	0.521	2.398	147.285	
		3SP	1.978	0.916	1.812	108.823	
	Repetición N° 2	3S	2.243	0.593	1.330	156.809	
		3S	2.261	0.531	1.201	141.541	
		3S	2.304	0.61	1.405	165.691	
		9S	4.945	0.571	2.824	161.248	
	Repetición N° 3	3SP	2.025	0.911	1.845	111.550	
		3S	2.37	0.557	1.320	155.629	
		3S	2.321	0.506	1.174	138.456	
		3S	2.367	0.527	1.247	147.060	
	Tratamiento N°2	Repetición N° 1	9S	4.737	0.597	2.828	150.927
			3SP	2.123	0.902	1.915	123.837
3P			0.701	1.446	1.014	142.779	
3P			0.708	1.455	1.030	137.302	
3P			0.668	1.446	0.965	158.398	
Repetición N° 2		9P	0.648	3.890	2.522	94.221	
		3PS	0.662	1.327	0.878	71.201	
		3P	0.665	1.394	0.927	156.809	
		3P	0.654	1.430	0.935	141.541	
		3P	0.680	1.500	1.021	165.691	
Repetición N° 3		9P	0.642	3.920	2.518	110.960	
		3PS	0.467	1.339	0.626	72.507	
		3P	0.435	1.509	0.657	155.629	
		3P	0.417	1.402	0.584	138.456	
		3P	1.299	1.336	1.735	147.060	
Fecha:		26/04/2022		Hora:		14:00 horas	
Tratamiento	Repetición	Configuración	Niveles de Voltaje (V)	Intensidad de Corriente (mA)	Potencia Eléctrica (mW)	Densidad de Potencia Eléctrica (mW/m ²)	
Tratamiento N°1	Repetición N° 1	9P	1.182	3.830	4.526	111.133	
		3PS	1.191	1.299	1.548	75.241	
		3S	2.244	0.493	1.106	130.424	
		3S	2.385	0.494	1.178	138.900	
		3S	2.342	0.532	1.246	146.888	
	Repetición N° 2	9S	4.912	0.516	2.535	99.603	
		3SP	2.324	0.970	2.254	88.575	
		3S	2.305	0.574	1.323	155.980	
		3S	2.369	0.553	1.310	154.446	
		3S	2.389	0.553	1.321	155.750	
	Repetición N° 3	9S	5.076	0.616	3.127	122.876	
		3SP	2.354	1.021	2.404	94.462	
		3S	2.342	0.555	1.300	153.238	
		3S	2.215	0.514	1.139	134.222	
		3S	2.266	0.522	1.183	139.449	
Tratamiento N°2	Repetición N° 1	9S	4.909	0.581	2.852	112.082	
		3SP	2.274	0.949	2.158	84.817	
		3P	0.625	1.318	0.823	130.424	
		3P	0.654	1.325	0.866	138.900	
		3P	0.600	1.285	0.771	146.888	

FICHA DE REGISTRO DE MAGNITUDES ELÉCTRICAS EN CIRCUITO CERRADO						
		9P	0.612	3.362	2.058	99.603
		3PS	0.590	1.140	0.673	88.575
	Repetición N° 2	3P	0.618	1.320	0.816	155.980
		3P	0.352	1.363	0.480	154.446
		3P	0.641	1.364	0.875	155.750
		9P	0.618	3.578	2.212	122.876
		3PS	0.380	1.219	0.463	94.462
		3P	0.354	1.434	0.507	153.238
	Repetición N° 3	3P	0.287	1.342	0.385	134.222
		3P	1.058	1.300	1.376	139.449
		9P	0.998	3.538	3.531	112.082
		3PS	0.805	1.232	0.991	84.817
	Fecha:		26/04/2022		Hora:	
Tratamiento	Repetición	Configuración	Niveles de Voltaje (V)	Intensidad de Corriente (mA)	Potencia Eléctrica (mW)	Densidad de Potencia Eléctrica (mW/m ²)
Tratamiento N°1	Repetición N° 1	3S	2.614	0.595	1.555	194.764
		3S	2.633	0.533	1.403	187.799
		3S	2.665	0.593	1.580	202.963
		9S	5.653	0.624	3.527	147.285
		3SP	2.637	0.979	2.582	108.823
	Repetición N° 2	3S	2.667	0.638	1.702	219.465
		3S	2.839	0.623	1.769	219.227
		3S	2.612	0.567	1.481	203.853
		9S	5.812	0.688	3.999	161.248
		3SP	2.706	0.968	2.619	111.550
	Repetición N° 3	3S	2.657	0.631	1.677	209.245
		3S	2.655	0.537	1.426	197.193
		3S	2.782	0.634	1.764	212.201
		9S	5.673	0.616	3.495	150.927
3SP		2.698	1.097	2.960	123.837	
Tratamiento N°2	Repetición N° 1	3P	0.701	1.434	1.005	194.764
		3P	0.708	1.515	1.073	187.799
		3P	0.668	1.505	1.005	202.963
		9P	0.648	3.997	2.591	147.285
		3PS	0.662	1.381	0.914	108.823
	Repetición N° 2	3P	0.665	1.525	1.014	219.465
		3P	0.654	1.538	1.005	219.227
		3P	0.680	1.668	1.135	203.853
		9P	0.642	4.272	2.744	161.248
		3PS	0.467	1.389	0.649	111.550
	Repetición N° 3	3P	0.435	1.535	0.668	209.245
		3P	0.417	1.560	0.650	197.193
		3P	1.299	1.420	1.844	212.201
		9P	1.182	4.064	4.802	150.927
3PS		1.191	1.455	1.733	123.837	

FICHA DE REGISTRO DE MAGNITUDES ELÉCTRICAS EN CIRCUITO CERRADO						
Fecha:		27/04/2022		Hora:		08:00 horas
Tratamiento	Repetición	Configuración	Niveles de Voltaje (V)	Intensidad de Corriente (mA)	Potencia Eléctrica (mW)	Densidad de Potencia Eléctrica (mW/m ²)
Tratamiento N°1	Repetición N° 1	3S	2.295	0.554	1.271	149.892
		3S	2.339	0.516	1.207	142.287
		3S	2.227	0.52	1.158	136.524
		9S	4.738	0.504	2.388	144.680
		3SP	2.036	0.941	1.916	112.559
	Repetición N° 2	3S	2.121	0.583	1.237	145.779
		3S	2.2	0.602	1.324	156.137
		3S	2.235	0.535	1.196	140.967
		9S	4.821	0.578	2.787	155.928
		3SP	1.949	1.016	1.981	121.550
	Repetición N° 3	3S	2.321	0.542	1.258	148.307
		3S	2.254	0.566	1.276	150.403
		3S	2.408	0.551	1.327	156.421
		9S	4.878	0.589	2.873	146.088
		3SP	2.061	0.939	1.935	118.939
Tratamiento N°2	Repetición N° 1	3P	0.653	1.440	0.940	149.892
		3P	0.644	1.473	0.949	142.287
		3P	0.617	1.515	0.935	136.524
		9P	0.641	3.945	2.530	93.841
		3PS	0.638	1.377	0.878	75.289
	Repetición N° 2	3P	0.622	1.350	0.840	145.779
		3P	0.630	1.598	1.006	156.137
		3P	0.632	1.426	0.901	140.967
		9P	0.626	3.782	2.366	109.504
		3PS	0.399	1.365	0.545	77.830
	Repetición N° 3	3P	0.391	1.607	0.628	148.307
		3P	0.399	1.504	0.600	150.403
		3P	1.113	1.489	1.658	156.421
		9P	1.103	4.117	4.541	112.907
		3PS	1.104	1.343	1.483	76.039
Fecha:		27/04/2022		Hora:		14:00 horas
Tratamiento	Repetición	Configuración	Niveles de Voltaje (V)	Intensidad de Corriente (mA)	Potencia Eléctrica (mW)	Densidad de Potencia Eléctrica (mW/m ²)
Tratamiento N°1	Repetición N° 1	3S	2.252	0.483	1.088	128.234
		3S	2.301	0.568	1.307	154.082
		3S	2.309	0.5	1.155	136.107
		9S	4.683	0.518	2.426	95.328
		3SP	2.287	0.976	2.232	87.729
	Repetición N° 2	3S	2.267	0.613	1.390	163.832
		3S	2.287	0.545	1.246	146.943
		3S	2.219	0.516	1.145	134.987
		9S	4.817	0.542	2.611	102.599
		3SP	2.258	0.911	2.057	80.825
	Repetición N° 3	3S	2.364	0.504	1.191	140.464
		3S	2.32	0.538	1.248	147.149
		3S	2.242	0.595	1.334	157.267
		9S	4.574	0.566	2.589	101.737
		3SP	2.309	0.945	2.182	85.735
Tratamiento N°2	Repetición N° 1	3P	0.586	1.390	0.815	128.234
		3P	0.577	1.379	0.796	154.082
		3P	0.584	1.211	0.708	136.107

FICHA DE REGISTRO DE MAGNITUDES ELÉCTRICAS EN CIRCUITO CERRADO							
		9P	0.572	3.514	2.011	95.328	
		3PS	0.566	1.244	0.705	87.729	
	Repetición N° 2	3P	0.595	1.417	0.844	163.832	
		3P	0.295	1.358	0.400	146.943	
		3P	0.572	1.435	0.821	134.987	
		9P	0.597	3.691	2.205	102.599	
		3PS	0.338	1.259	0.425	80.825	
	Repetición N° 3	3P	0.330	1.380	0.455	140.464	
		3P	0.233	1.316	0.307	147.149	
		3P	0.921	1.353	1.246	157.267	
		9P	0.892	3.640	3.247	101.737	
		3PS	0.621	1.224	0.760	85.735	
	Fecha:		27/04/2022		Hora:		20:00 horas
	Tratamiento	Repetición	Configuración	Niveles de Voltaje (V)	Intensidad de Corriente (mA)	Potencia Eléctrica (mW)	Densidad de Potencia Eléctrica (mW/m ²)
Tratamiento N°1	Repetición N° 1	3S	2.604	0.616	1.604	195.554	
		3S	2.63	0.639	1.681	208.979	
		3S	2.693	0.583	1.570	201.285	
		9S	5.495	0.65	3.572	144.680	
		3SP	2.642	1.058	2.796	112.560	
	Repetición N° 2	3S	2.621	0.584	1.531	204.247	
		3S	2.641	0.586	1.548	207.051	
		3S	2.765	0.612	1.692	205.037	
		9S	5.801	0.666	3.863	155.928	
	Repetición N° 3	3SP	2.676	1.137	3.042	121.550	
		3S	2.752	0.567	1.560	204.397	
		3S	2.558	0.576	1.473	194.512	
		3S	2.704	0.635	1.717	216.134	
		9S	5.427	0.657	3.566	146.088	
Tratamiento N°2	Repetición N° 1	3SP	2.671	1.051	2.808	118.939	
		3P	0.653	1.665	1.087	195.554	
		3P	0.644	1.496	0.964	208.979	
		3P	0.617	1.483	0.916	201.285	
		9P	0.641	4.171	2.675	144.680	
	Repetición N° 2	3PS	0.638	1.394	0.889	112.559	
		3P	0.622	1.517	0.944	204.247	
		3P	0.630	1.508	0.950	207.051	
		3P	0.632	1.589	1.004	205.037	
		9P	0.626	4.049	2.533	155.928	
	Repetición N° 3	3PS	0.399	1.359	0.542	121.550	
		3P	0.391	1.648	0.644	204.397	
		3P	0.399	1.590	0.635	194.512	
		3P	1.113	1.684	1.875	216.134	
9P		1.103	4.433	4.890	146.088		
		3PS	1.104	1.480	1.634	118.939	

FICHA DE REGISTRO DE MAGNITUDES ELÉCTRICAS EN CIRCUITO CERRADO						
Fecha:		28/04/2022		Hora:		08:00 horas
Tratamiento	Repetición	Configuración	Niveles de Voltaje (V)	Intensidad de Corriente (mA)	Potencia Eléctrica (mW)	Densidad de Potencia Eléctrica (mW/m ²)
Tratamiento N°1	Repetición N° 1	3S	2.062	0.468	0.965	113.768
		3S	1.874	0.497	0.931	109.803
		3S	2.073	0.547	1.134	133.682
		9S	3.995	0.574	2.293	123.618
		3SP	1.772	0.932	1.652	109.095
	Repetición N° 2	3S	2.053	0.529	1.086	128.036
		3S	2.056	0.471	0.968	114.164
		3S	1.935	0.482	0.933	109.955
		9S	3.824	0.582	2.226	121.942
		3SP	1.723	0.912	1.571	94.759
	Repetición N° 3	3S	1.944	0.53	1.030	121.467
		3S	2.023	0.625	1.264	149.060
		3S	1.982	0.512	1.015	119.635
		9S	4.031	0.585	2.358	125.600
		3SP	1.766	1.018	1.798	102.499
Tratamiento N°2	Repetición N° 1	3P	0.613	1.600	0.981	113.768
		3P	0.652	1.573	1.025	109.803
		3P	0.639	1.355	0.866	133.682
		9P	0.625	4.166	2.604	90.114
		3PS	0.624	1.450	0.904	64.900
	Repetición N° 2	3P	0.627	1.542	0.967	128.036
		3P	0.617	1.379	0.851	114.164
		3P	0.605	1.371	0.829	109.955
		9P	0.617	3.767	2.324	87.459
		3PS	0.396	1.246	0.493	61.739
	Repetición N° 3	3P	0.393	1.480	0.582	121.467
		3P	0.376	1.543	0.580	149.060
		3P	1.098	1.597	1.754	119.635
		9P	1.075	4.103	4.409	92.669
		3PS	1.025	1.398	1.433	70.649
Fecha:		28/04/2022		Hora:		14:00 horas
Tratamiento	Repetición	Configuración	Niveles de Voltaje (V)	Intensidad de Corriente (mA)	Potencia Eléctrica (mW)	Densidad de Potencia Eléctrica (mW/m ²)
Tratamiento N°1	Repetición N° 1	3S	2.096	0.532	1.115	131.459
		3S	1.893	0.548	1.037	122.297
		3S	1.981	0.589	1.167	137.558
		9S	3.868	0.57	2.205	86.642
		3SP	1.990	0.905	1.801	70.773
	Repetición N° 2	3S	1.939	0.537	1.041	122.755
		3S	1.944	0.504	0.980	115.508
		3S	1.887	0.449	0.847	99.886
		9S	3.721	0.554	2.061	81.009
		3SP	1.923	0.944	1.816	71.350
	Repetición N° 3	3S	1.906	0.547	1.043	122.913
		3S	2.192	0.627	1.374	162.030
		3S	1.895	0.539	1.021	120.416
		9S	3.739	0.592	2.213	86.985
		3SP	1.998	0.878	1.754	68.926
Tratamiento N°2	Repetición N° 1	3P	0.567	1.506	0.854	131.459
		3P	0.581	1.449	0.841	122.297
		3P	0.601	1.330	0.799	137.558

FICHA DE REGISTRO DE MAGNITUDES ELÉCTRICAS EN CIRCUITO CERRADO							
		9P	0.556	3.774	2.097	86.642	
		3PS	0.568	1.338	0.760	70.773	
	Repetición N° 2	3P	0.592	1.324	0.783	122.755	
		3P	0.299	1.238	0.370	115.508	
		3P	0.567	1.265	0.718	99.886	
		9P	0.585	3.409	1.995	81.009	
		3PS	0.335	1.123	0.376	71.350	
	Repetición N° 3	3P	0.318	1.223	0.389	122.913	
		3P	0.238	1.324	0.315	162.030	
		3P	0.921	1.514	1.395	120.416	
		9P	0.859	3.593	3.085	86.985	
		3PS	0.632	1.229	0.776	68.926	
	Fecha:		28/04/2022		Hora:		20:00 horas
	Tratamiento	Repetición	Configuración	Niveles de Voltaje (V)	Intensidad de Corriente (mA)	Potencia Eléctrica (mW)	Densidad de Potencia Eléctrica (mW/m ²)
Tratamiento N°1	Repetición N° 1	3S	2.478	0.557	1.380	177.620	
		3S	2.378	0.566	1.346	176.900	
		3S	2.405	0.572	1.376	188.832	
		9S	4.759	0.638	3.036	123.618	
		3SP	2.420	1.098	2.658	109.095	
	Repetición N° 2	3S	2.337	0.616	1.440	181.289	
		3S	2.424	0.523	1.268	176.035	
		3S	2.437	0.511	1.245	174.397	
		9S	4.752	0.635	3.018	121.942	
	Repetición N° 3	3SP	2.399	0.917	2.200	94.759	
		3S	2.348	0.546	1.282	177.713	
		3S	2.46	0.635	1.562	195.471	
		3S	2.338	0.601	1.405	175.854	
		9S	4.735	0.652	3.087	125.5600	
Tratamiento N°2	Repetición N° 1	3SP	2.382	1.028	2.449	102.499	
		3P	0.613	1.655	1.015	177.620	
		3P	0.652	1.558	1.015	176.900	
		3P	0.639	1.465	0.937	188.832	
		9P	0.625	4.239	2.649	123.618	
	Repetición N° 2	3PS	0.624	1.392	0.868	109.095	
		3P	0.627	1.591	0.998	181.289	
		3P	0.617	1.602	0.988	176.035	
		3P	0.605	1.475	0.892	174.394	
		9P	0.617	4.181	2.580	121.942	
	Repetición N° 3	3PS	0.396	1.438	0.569	94.759	
		3P	0.393	1.570	0.617	177.713	
		3P	0.376	1.454	0.547	195.471	
		3P	1.098	1.534	1.685	175.854	
9P		1.075	4.112	4.419	125.600		
		3PS	1.025	1.430	1.466	102.499	

FICHA DE REGISTRO DE MAGNITUDES ELÉCTRICAS EN CIRCUITO CERRADO							
Fecha:		29/04/2022		Hora:		08:00 horas	
Tratamiento	Repetición	Configuración	Niveles de Voltaje (V)	Intensidad de Corriente (mA)	Potencia Eléctrica (mW)	Densidad de Potencia Eléctrica (mW/m ²)	
Tratamiento N°1	Repetición N° 1	3S	2.284	0.514	1.174	138.403	
		3S	2.154	0.557	1.200	141.445	
		3S	2.13	0.607	1.293	152.424	
		9S	4.33	0.549	2.377	136.925	
		3SP	1.914	0.925	1.771	107.466	
	Repetición N° 2	3S	2.151	0.562	1.209	142.516	
		3S	2.233	0.599	1.338	157.689	
		3S	2.168	0.524	1.136	133.930	
		9S	4.324	0.549	2.374	143.462	
	Repetición N° 3	3SP	1.875	1.007	1.888	107.428	
		3S	2.227	0.562	1.252	147.551	
		3S	2.043	0.567	1.158	136.564	
		3S	2.162	0.583	1.260	148.597	
	Tratamiento N°2	Repetición N° 1	9S	4.678	0.6	2.807	148.485
			3SP	1.920	1.076	2.066	106.751
3P			0.618	1.355	0.838	138.403	
3P			0.635	1.536	0.976	141.445	
3P			0.631	1.460	0.921	152.424	
Repetición N° 2		9P	0.633	3.773	2.387	93.417	
		3PS	0.618	1.350	0.834	69.586	
		3P	0.620	1.482	0.919	142.516	
		3P	0.644	1.446	0.931	157.689	
Repetición N° 3		3P	0.625	1.325	0.828	133.930	
		9P	0.632	3.723	2.352	93.287	
		3PS	0.384	1.305	0.501	74.199	
		3P	0.380	1.370	0.521	147.551	
		3P	0.404	1.388	0.561	136.564	
		3P	1.064	1.351	1.438	148.597	
Fecha:		29/04/2022		Hora:		14:00 horas	
Tratamiento	Repetición	Configuración	Niveles de Voltaje (V)	Intensidad de Corriente (mA)	Potencia Eléctrica (mW)	Densidad de Potencia Eléctrica (mW/m ²)	
Tratamiento N°1	Repetición N° 1	9P	1.062	3.713	3.944	110.300	
		3PS	1.113	1.291	1.437	81.186	
		3S	2.196	0.561	1.232	145.238	
		3S	2.106	0.505	1.064	125.382	
		3S	1.972	0.551	1.087	128.099	
	Repetición N° 2	9S	4.145	0.522	2.164	85.028	
		3SP	2.091	0.908	1.899	74.623	
		3S	2.078	0.548	1.139	134.249	
		3S	2.338	0.525	1.227	144.707	
	Repetición N° 3	3S	2.177	0.579	1.260	148.602	
		9S	4.308	0.553	2.382	93.619	
		3SP	2.198	0.918	2.017	79.281	
		3S	2.282	0.576	1.314	154.962	
		3S	2.276	0.54	1.229	144.895	
		3S	2.227	0.592	1.318	155.428	
Tratamiento N°2	Repetición N° 1	9S	4.744	0.571	2.709	106.450	
		3SP	2.262	0.941	2.128	83.634	
		3P	0.559	1.186	0.663	145.238	
		3P	0.580	1.218	0.706	125.382	
		3P	0.580	1.325	0.769	128.099	

FICHA DE REGISTRO DE MAGNITUDES ELÉCTRICAS EN CIRCUITO CERRADO							
		9P	0.578	3.305	1.911	85.028	
		3PS	0.555	1.107	0.615	74.623	
	Repetición N° 2	3P	0.596	1.493	0.890	134.249	
		3P	0.295	1.460	0.431	144.707	
		3P	0.570	1.326	0.756	148.602	
		9P	0.568	3.794	2.155	93.619	
		3PS	0.324	1.342	0.435	79.281	
	Repetición N° 3	3P	0.325	1.305	0.424	154.962	
		3P	0.234	1.389	0.325	144.895	
		3P	0.871	1.375	1.198	155.428	
		9P	0.929	3.696	3.434	106.450	
		3PS	0.578	1.277	0.738	83.634	
	Fecha:		29/04/2022		Hora:		20:00 horas
	Tratamiento	Repetición	Configuración	Niveles de Voltaje (V)	Intensidad de Corriente (mA)	Potencia Eléctrica (mW)	Densidad de Potencia Eléctrica (mW/m ²)
Tratamiento N°1	Repetición N° 1	3S	2.588	0.562	1.454	195.573	
		3S	2.55	0.616	1.571	191.198	
		3S	2.515	0.602	1.514	196.283	
		9S	5.185	0.662	3.432	136.925	
		3SP	2.551	1.019	2.599	107.466	
	Repetición N° 2	3S	2.632	0.567	1.492	203.552	
		3S	2.567	0.56	1.438	190.354	
		3S	2.664	0.575	1.532	207.598	
		9S	5.498	0.574	3.156	143.462	
		3SP	2.621	0.990	2.595	107.428	
	Repetición N° 3	3S	2.581	0.617	1.592	205.998	
		3S	2.576	0.58	1.494	189.807	
		3S	2.649	0.573	1.518	202.993	
		9S	5.508	0.638	3.514	148.485	
3SP		2.602	0.960	2.498	106.751		
Tratamiento N°2	Repetición N° 1	3P	0.618	1.357	0.839	195.573	
		3P	0.635	1.552	0.986	191.198	
		3P	0.631	1.539	0.971	196.283	
		9P	0.633	4.054	2.565	136.925	
		3PS	0.618	1.412	0.872	107.466	
	Repetición N° 2	3P	0.620	1.669	1.035	203.552	
		3P	0.644	1.599	1.029	190.354	
		3P	0.625	1.411	0.881	207.597	
		9P	0.632	4.245	2.681	143.462	
		3PS	0.384	1.480	0.568	107.428	
	Repetición N° 3	3P	0.380	1.406	0.535	205.998	
		3P	0.404	1.550	0.627	189.807	
		3P	1.064	1.565	1.666	202.993	
		9P	1.062	4.127	4.384	148.485	
3PS		1.113	1.374	1.529	106.751		

REGISTRO DE CARACTERÍSTICAS MORFOLÓGICAS

Fecha:	05/04/2022	FICHA DE REGISTRO DE PARÁMETROS MORFOLÓGICOS		
Tratamiento	Celda	Cantidad de tallo (unid)	Cantidad de hojas (unid)	Cantidad de estolones (unid)
Tratamiento N°1	T1-C1-R1	3.00	9.00	0.00
	T1-C2-R1	4.00	12.00	0.00
	T1-C3-R1	9.00	27.00	0.00
	T1-C4-R1	3.00	9.00	0.00
	T1-C5-R1	3.00	9.00	0.00
	T1-C6-R1	4.00	12.00	1.00
	T1-C7-R1	7.00	21.00	1.00
	T1-C8-R1	4.00	12.00	0.00
	T1-C9-R1	5.00	15.00	0.00
	T1-C1-R2	7.00	21.00	1.00
	T1-C2-R2	5.00	15.00	1.00
	T1-C3-R2	6.00	18.00	0.00
	T1-C4-R2	5.00	15.00	0.00
	T1-C5-R2	8.00	24.00	0.00
	T1-C6-R2	3.00	9.00	1.00
	T1-C7-R2	10.00	30.00	1.00
	T1-C8-R2	6.00	18.00	0.00
	T1-C9-R2	8.00	24.00	0.00
	T1-C1-R3	6.00	18.00	0.00
	T1-C2-R3	8.00	24.00	1.00
	T1-C3-R3	7.00	21.00	1.00
	T1-C4-R3	4.00	12.00	0.00
	T1-C5-R3	7.00	21.00	0.00
	T1-C6-R3	6.00	18.00	0.00
	T1-C7-R3	4.00	12.00	0.00
	T1-C8-R3	7.00	21.00	1.00
	T1-C9-R3	9.00	27.00	1.00
Tratamiento N°2	T2-C1-R1	9.00	27.00	1.00
	T2-C2-R1	10.00	30.00	1.00
	T2-C3-R1	6.00	18.00	0.00
	T2-C4-R1	4.00	12.00	0.00
	T2-C5-R1	6.00	18.00	0.00
	T2-C6-R1	4.00	12.00	0.00
	T2-C7-R1	10.00	30.00	1.00
	T2-C8-R1	9.00	27.00	1.00
	T2-C9-R1	4.00	12.00	1.00
	T2-C1-R2	3.00	9.00	1.00
	T2-C2-R2	7.00	21.00	0.00
	T2-C3-R2	10.00	30.00	0.00
	T2-C4-R2	8.00	24.00	0.00
	T2-C5-R2	4.00	12.00	1.00
	T2-C6-R2	10.00	30.00	0.00
	T2-C7-R2	7.00	21.00	1.00
	T2-C8-R2	9.00	27.00	0.00
	T2-C9-R2	7.00	21.00	0.00
	T2-C1-R3	5.00	15.00	1.00
	T2-C2-R3	3.00	9.00	0.00
T2-C3-R3	10.00	30.00	1.00	
T2-C4-R3	5.00	15.00	0.00	
T2-C5-R3	3.00	9.00	0.00	

Fecha:	05/04/2022	FICHA DE REGISTRO DE PARÁMETROS MORFOLÓGICOS		
Tratamiento	Celda	Cantidad de tallo (unid)	Cantidad de hojas (unid)	Cantidad de estolones (unid)
	T2-C6-R3	10.00	30.00	0.00
	T2-C7-R3	10.00	30.00	0.00
	T2-C8-R3	5.00	15.00	0.00
	T2-C9-R3	3.00	9.00	0.00

Fecha:	29/04/2022	FICHA DE REGISTRO DE PARÁMETROS MORFOLÓGICOS		
Tratamiento	Celda	Cantidad de tallo (unid)	Cantidad de hojas (unid)	Cantidad de estolones (unid)
Tratamiento N°1	T1-C1-R1	5.00	15.00	1.00
	T1-C2-R1	4.00	12.00	1.00
	T1-C3-R1	8.00	24.00	2.00
	T1-C4-R1	4.00	12.00	1.00
	T1-C5-R1	4.00	12.00	1.00
	T1-C6-R1	5.00	15.00	1.00
	T1-C7-R1	6.00	18.00	2.00
	T1-C8-R1	5.00	15.00	0.00
	T1-C9-R1	4.00	12.00	1.00
	T1-C1-R2	6.00	18.00	2.00
	T1-C2-R2	5.00	15.00	2.00
	T1-C3-R2	5.00	15.00	1.00
	T1-C4-R2	4.00	12.00	1.00
	T1-C5-R2	6.00	18.00	1.00
	T1-C6-R2	5.00	15.00	1.00
	T1-C7-R2	8.00	24.00	2.00
	T1-C8-R2	5.00	15.00	0.00
	T1-C9-R2	6.00	18.00	1.00
	T1-C1-R3	5.00	15.00	0.00
	T1-C2-R3	6.00	18.00	1.00
	T1-C3-R3	8.00	24.00	2.00
	T1-C4-R3	6.00	18.00	0.00
	T1-C5-R3	6.00	18.00	0.00
	T1-C6-R3	6.00	18.00	1.00
T1-C7-R3	5.00	15.00	0.00	
T1-C8-R3	5.00	15.00	1.00	
T1-C9-R3	8.00	24.00	2.00	
Tratamiento N°2	T2-C1-R1	7.00	21.00	2.00
	T2-C2-R1	9.00	27.00	1.00
	T2-C3-R1	5.00	15.00	1.00
	T2-C4-R1	5.00	15.00	0.00
	T2-C5-R1	7.00	21.00	1.00
	T2-C6-R1	5.00	15.00	1.00
	T2-C7-R1	8.00	24.00	2.00
	T2-C8-R1	7.00	21.00	2.00
	T2-C9-R3	6.00	18.00	1.00
	T2-C1-R2	5.00	15.00	1.00
	T2-C2-R2	6.00	18.00	1.00

Fecha:		FICHA DE REGISTRO DE PARÁMETROS MORFOLÓGICOS		
Tratamiento	Celda	Cantidad de tallo (unid)	Cantidad de hojas (unid)	Cantidad de estolones (unid)
	T2-C3-R2	8.00	24.00	2.00
	T2-C4-R2	7.00	21.00	1.00
	T2-C5-R2	5.00	15.00	1.00
	T2-C6-R2	9.00	27.00	1.00
	T2-C7-R2	7.00	21.00	2.00
	T2-C8-R2	9.00	27.00	1.00
	T2-C9-R2	6.00	18.00	1.00
	T2-C1-R3	7.00	21.00	2.00
	T2-C2-R3	5.00	15.00	1.00
	T2-C3-R3	8.00	24.00	1.00
	T2-C4-R3	6.00	18.00	1.00
	T2-C5-R3	5.00	15.00	1.00
	T2-C6-R3	9.00	27.00	2.00
	T2-C7-R3	8.00	24.00	1.00
	T2-C8-R3	6.00	18.00	0.00
	T2-C9-R3	5.00	15.00	1.00

ANEXO V. ANÁLISIS DE SUPUESTOS DE NORMALIDAD Y VARIANZA

TRATAMIENTO DE DATOS (SUPUESTOS DE NORMALIDAD Y VARIANZA) PARA DATOS DE MAGNITUDES ELÉCTRICAS EN CCPM CONECTADAS EN SERIE Y PARALELO

Pruebas de normalidad					Prueba de Levene		Prueba estadística	
Disposición de las CCPM conectadas en serie o paralelo	Shapiro-Wilk			¿Presenta Normalidad?	Homogeneidad			
	Estadístico	gl	Sig.					
Potencia eléctrica en circuito abierto	3S	0.996	3	0.878	SI NORMAL	0.002	No Tiene Homogeneidad	Kruskal Wallis
	9S	0.799	3	0.112	SI NORMAL			
	3SP	0.750	3	0.000	NO NORMAL			
	3P	0.811	3	0.140	SI NORMAL			
	9P	0.810	3	0.139	SI NORMAL			
	3PS	0.767	3	0.037	NO NORMAL			
Potencia eléctrica en circuito cerrado	3S	0.907	3	0.407	SI NORMAL	0.01	No Tiene Homogeneidad	Kruskal Wallis
	9S	0.887	3	0.345	SI NORMAL			
	3SP	0.932	3	0.497	SI NORMAL			
	3P	0.849	3	0.239	SI NORMAL			
	9P	0.850	3	0.241	SI NORMAL			
	3PS	0.781	3	0.070	SI NORMAL			
Densidad de potencia eléctrica en circuito abierto	3S	0.995	3	0.862	SI NORMAL	0.004	No Tiene Homogeneidad	Kruskal Wallis
	9S	0.796	3	0.105	SI NORMAL			
	3SP	0.780	3	0.067	SI NORMAL			
	3P	0.811	3	0.140	SI NORMAL			
	9P	0.810	3	0.139	SI NORMAL			
	3PS	0.767	3	0.037	NO NORMAL			
Densidad de potencia eléctrica en circuito cerrado	3S	0.896	3	0.373	SI NORMAL	0.016	No Tiene Homogeneidad	Kruskal Wallis
	9S	0.837	3	0.206	SI NORMAL			
	3SP	0.921	3	0.455	SI NORMAL			
	3P	0.896	3	0.373	SI NORMAL			
	9P	0.887	3	0.347	SI NORMAL			
	3PS	0.900	3	0.385	SI NORMAL			

Nota. Fuente: Datos procesados con el programa de análisis estadístico SPSS

TRATAMIENTO DE DATOS (SUPUESTOS DE NORMALIDAD Y VARIANZA) PARA DATOS DE MAGNITUDES ELÉCTRICAS EN CCPM CONECTADAS EN SERIE

Pruebas de normalidad				Prueba de homogeneidad de varianzas				
Disposición de las CCPM conectadas en serie o paralelo	Shapiro-Wilk			Normal	Sig.	Homogeneidad	Tipo de prueba	
	Estadístico	gl	Sig.					
Voltaje en circuito abierto	3S	0.824	3	0.174	D Normal	0.039	No homogéneo	No paramétrica (H Kruskal - Wallis)
	9S	0.955	3	0.591	D Normal			
	3SP	0.881	3	0.328	D Normal			
Voltaje en circuito cerrado	3S	0.812	3	0.144	D Normal	0.097	Homogéneo	Paramétrica (ANOVA Inter sujetos)
	9S	0.993	3	0.843	D Normal			
	3SP	1.000	3	1.000	D Normal			
Intensidad de corriente eléctrica en circuito abierto	3S	0.923	3	0.463	D Normal	0.898	Homogéneo	Paramétrica (ANOVA Inter sujetos)
	9S	0.992	3	0.827	D Normal			
	3SP	0.988	3	0.788	D Normal			
Intensidad de corriente eléctrica en circuito cerrado	3S	0.893	3	0.363	D Normal	0.296	Homogéneo	Paramétrica (ANOVA Inter sujetos)
	9S	1.000	3	1.000	D Normal			
	3SP	1.000	3	1.000	D Normal			
Resistencia en circuito abierto	3S	0.779	3	0.065	D Normal	0.012	No homogéneo	No paramétrica (H Kruskal - Wallis)
	9S	0.776	3	0.057	D Normal			
	3SP	0.842	3	0.220	D Normal			
Resistencia en circuito cerrado	3S	0.935	3	0.506	D Normal	0.011	No homogéneo	No paramétrica (H Kruskal - Wallis)
	9S	0.854	3	0.252	D Normal			
	3SP	0.983	3	0.747	D Normal			
Potencia eléctrica en circuito abierto	3S	0.996	3	0.878	D Normal	0.037	No homogéneo	No paramétrica (H Kruskal - Wallis)
	9S	0.799	3	0.112	D Normal			
	3SP	0.750	3	0.000	NO Normal			
Potencia eléctrica en circuito cerrado	3S	0.907	3	0.407	D Normal	0.022	No homogéneo	No paramétrica (H Kruskal - Wallis)
	9S	0.887	3	0.345	D Normal			
	3SP	0.932	3	0.497	D Normal			
Densidad de potencia eléctrica en circuito abierto	3S	0.995	3	0.862	D Normal	0.258	Homogéneo	Paramétrica (ANOVA Inter sujetos)
	9S	0.796	3	0.105	D Normal			
	3SP	0.780	3	0.067	D Normal			
Densidad de potencia eléctrica en circuito cerrado	3S	0.896	3	0.373	D Normal	0.032	No homogéneo	No paramétrica (H Kruskal - Wallis)
	9S	0.837	3	0.206	D Normal			
	3SP	0.921	3	0.455	D Normal			

Nota. Fuente: Datos procesados con el programa de análisis estadístico SPSS

TRATAMIENTO DE DATOS (SUPUESTOS DE NORMALIDAD Y VARIANZA) PARA DATOS DE MAGNITUDES ELÉCTRICAS EN CCPM CONECTADAS EN PARALELO

Pruebas de normalidad				Prueba de homogeneidad de varianzas			
Disposición de las CCPM conectadas en serie o paralelo		Shapiro-Wilk		Normalidad	Sig.	Homogeneidad	Tipo de prueba
		Estadístico	gl Sig.				
Voltaje en circuito abierto	3P	0.750	3 0.001	NO Normal	0.044	No homogéneo	No paramétrica (H Kruskal - Wallis)
	9P	0.753	3 0.006	NO Normal			
	3PS	0.791	3 0.092	D Normal			
Voltaje en circuito cerrado	3P	0.757	3 0.015	NO Normal	0.050	Homogéneo	No paramétrica (H Kruskal - Wallis)
	9P	0.751	3 0.003	NO Normal			
	3PS	0.846	3 0.230	D Normal			
Intensidad de corriente eléctrica en circuito abierto	3P	0.915	3 0.434	D Normal	0.071	Homogéneo	No paramétrica (H Kruskal - Wallis)
	9P	0.758	3 0.017	NO Normal			
	3PS	0.999	3 0.935	D Normal			
Intensidad de corriente eléctrica en circuito cerrado	3P	0.927	3 0.476	D Normal	0.047	No homogéneo	No paramétrica (H Kruskal - Wallis)
	9P	0.826	3 0.177	D Normal			
	3PS	0.852	3 0.245	D Normal			
Resistencia en circuito abierto	3P	0.799	3 0.112	D Normal	0.379	Homogéneo	No paramétrica (H Kruskal - Wallis)
	9P	0.910	3 0.417	D Normal			
	3PS	0.772	3 0.049	NO Normal			
Resistencia en circuito cerrado	3P	0.872	3 0.302	D Normal	0.027	No homogéneo	No paramétrica (H Kruskal - Wallis)
	9P	0.854	3 0.252	D Normal			
	3PS	0.902	3 0.393	D Normal			
Potencia eléctrica en circuito abierto	3P	0.811	3 0.140	D Normal	0.144	Homogéneo	No paramétrica (H Kruskal - Wallis)
	9P	0.810	3 0.139	D Normal			
	3PS	0.767	3 0.037	NO Normal			
Potencia eléctrica en circuito cerrado	3P	0.849	3 0.239	D Normal	0.158	Homogéneo	Paramétrica (ANOVA Inter sujetos)
	9P	0.850	3 0.241	D Normal			
	3PS	0.781	3 0.070	D Normal			
Densidad de potencia eléctrica en circuito abierto	3P	0.811	3 0.140	D Normal	0.880	Homogéneo	No paramétrica (H Kruskal - Wallis)
	9P	0.810	3 0.139	D Normal			
	3PS	0.767	3 0.037	NO Normal			
Densidad de potencia eléctrica en circuito cerrado	3P	0.896	3 0.373	D Normal	0.063	Homogéneo	Paramétrica (ANOVA Inter sujetos)
	9P	0.887	3 0.347	D Normal			
	3PS	0.900	3 0.385	D Normal			

Nota. Fuente: Datos procesados con el programa de análisis estadístico SPSS

TRATAMIENTO DE DATOS (SUPUESTOS DE NORMALIDAD Y VARIANZA) PARA DATOS MORFOLÓGICOS DE LA PLANTA

		Pruebas de normalidad						
Disposición de las CCPM conectadas en serie o paralelo		Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk			Normalidad
		Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.	
Producción de tallos	T1 Disposición en serie	0.258	27	0.000	0.879	27	0.005	No Normal
	T2 Disposición en paralelo	0.217	27	0.002	0.858	27	0.002	No Normal
Producción de hojas	T1 Disposición en serie	0.258	27	0.000	0.879	27	0.005	No Normal
	T2 Disposición en paralelo	0.217	27	0.002	0.858	27	0.002	No Normal
Producción de estolones	T1 Disposición en serie	0.356	27	0.000	0.718	27	0.000	No Normal
	T2 Disposición en paralelo	0.371	27	0.000	0.728	27	0.000	No Normal

Nota. Fuente: Datos procesados con el programa de análisis estadístico SPSS

ANEXO VI. PANEL FOTOGRÁFICO

PANEL FOTOGRÁFICO



1. Envase utilizado como Celda de Combustible.



2. Selección de especie (*Fragaria spp.*)



3. Plantas seleccionadas a trasplantar.



4. Perforación de la base en las celdas para el drenaje de la planta.



5. Perforación lateral de la celda para la colocación del cátodo.



6. Sustratos utilizado en las CCPM (compost + tierra orgánica).



7. Pesado del sustrato



8. . Mezcla del sustrato.



9. Muestra homogénea (compost + tierra orgánica).



Ánodo

Cátodo

10. Selección de ánodo (biochar) y cátodo (alcayata de acero).



11. Selección de cables conductores de cobre.



12. Colocación de los electrodos.



13. Celda de Combustible Planta Microbiana (CCPM) terminada.



14. Rotulación de las CCPM.



15. Invernadero ambientado en el distrito de Comas.



16. Distribución de las CCPM en el invernadero.



17. Repetición 1-Tratamiento 1 de las CCPM.



18. Repetición 2-Tratamiento 1 de las CCPM.



19. Repetición 3-Tratamiento 1 de las CCPM.



20. Repetición 1-Tratamiento 2 de las CCPM.



21. Repetición 2-Tratamiento 2 de las CCPM.



22. Repetición 3-Tratamiento 2 de las CCPM.



23. Medición de las CCPM en Circuito Abierto a las 08:00 horas.



24. Medición de las CCPM en Circuito Abierto a las 14:00 horas.



25. Medición de las CCPM en Circuito Abierto a las 20:00 horas.



26. Medición de las CCPM en Circuito Cerrado a las 08:00 horas.



27. Medición de las CCPM en Circuito Cerrado a las 14:00 horas.



28. Medición de las CCPM en Circuito Cerrado a las 20:00 horas.

