



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS
NATURALES
CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

Título:

“EVALUACIÓN DE DOS ETAPAS DE APLICACIÓN DE OZONO CON TRES DOSIS, EN EL COMPORTAMIENTO POSCOSECHA DE FRESA (*Fragaria vesca*), COSECHADO A DIFERENTES ÍNDICES DE COLOR, COTOPAXI, 2021-2022”

Proyecto de Investigación presentado previo a la obtención del Título de
Ingeniera Agrónoma

Autor:
Guanoluisa Cofre Ana Viviana

Tutor:
Parra Gallardo Giovana Paulina Ing. Mg.

LATACUNGA – ECUADOR

Marzo 2022

DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Ana Viviana Guanoluisa Cofre, con cedula de ciudadanía No. 0504419441, declaro ser autora del presente proyecto de investigación: “Evaluación de dos etapas de aplicación de ozono con tres dosis, en el comportamiento poscosecha de fresa (*Fragaria vesca*), cosechado a diferentes índices de color, Cotopaxi, 2021-2022”, siendo la Ingeniera Mg. Giovana Paulina Parra Gallardo, Tutora del presente trabajo; y, eximo expresamente a la Universidad Técnica de Cotopaxi y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales.

Además, certifico que las ideas, conceptos, procedimientos y resultados vertidos en el presente trabajo investigativo, son de mi exclusiva responsabilidad.

Latacunga, 11 de marzo del 2022

Ana Viviana Guanoluisa Cofre

Estudiante

CC: 0504419441

Ing. Mg. Giovana Paulina Parra Gallardo

Docente Tutora

CC: 1802267037

CONTRATO DE CESIÓN NO EXCLUSIVA DE DERECHOS DE AUTOR

Comparecen a la celebración del presente instrumento de cesión no exclusiva de obra, que celebran de una parte **GUANOLUISA COFRE ANA VIVIANA**, identificada con cédula de ciudadanía **0504419441**, de estado civil soltera, a quien en lo sucesivo se denominará **LA CEDENTE**; y, de otra parte, Ingeniero Ph.D. Cristian Fabricio Tinajero Jiménez, en calidad de Rector y por tanto representante legal de la Universidad Técnica de Cotopaxi, con domicilio en la Av. Simón Rodríguez, Barrio El Ejido, Sector San Felipe, a quien en lo sucesivo se le denominará **LA CESIONARIA** en los términos contenidos en las cláusulas siguientes:

ANTECEDENTES: CLÁUSULA PRIMERA. - **LA CEDENTE** es una persona natural estudiante de la carrera de Ingeniería Agronómica, titular de los derechos patrimoniales y morales sobre el trabajo de grado “Evaluación de dos etapas de aplicación de ozono con tres dosis, en el comportamiento poscosecha de fresa (*Fragaria vesca*), cosechado a diferentes índices de color, Cotopaxi, 2021-2022”, la cual se encuentra elaborada según los requerimientos académicos propios de la Facultad según las características que a continuación se detallan:

Historial académico:

Inicio de la carrera: Octubre 2016 – Marzo 2017

Finalización de la carrera: Octubre 2021 – Marzo 2022

Aprobación en Consejo Directivo: 07 de enero del 2022

Tutora: Ing. Mg. Giovana Paulina Parra Gallardo

Tema: “Evaluación de dos etapas de aplicación de ozono con tres dosis, en el comportamiento poscosecha de fresa (*Fragaria vesca*), cosechado a diferentes índices de color, Cotopaxi, 2021-2022”.

CLÁUSULA SEGUNDA. - **LA CESIONARIA** es una persona jurídica de derecho público creada por ley, cuya actividad principal está encaminada a la educación superior formando profesionales de tercer y cuarto nivel normada por la legislación ecuatoriana la misma que establece como requisito obligatorio para publicación de trabajos de investigación de grado en su repositorio institucional, hacerlo en formato digital de la presente investigación.

CLÁUSULA TERCERA. - Por el presente contrato, **LA CEDENTE** autoriza a **LA CESIONARIA** a explotar el trabajo de grado en forma exclusiva dentro del territorio de la República del Ecuador.

CLÁUSULA CUARTA. - OBJETO DEL CONTRATO: Por el presente contrato **LA CEDENTE**, transfiere definitivamente a **LA CESIONARIA** y en forma exclusiva los siguientes derechos patrimoniales; pudiendo a partir de la firma del contrato, realizar, autorizar o prohibir:

- a) La reproducción parcial del trabajo de grado por medio de su fijación en el soporte informático conocido como repositorio institucional que se ajuste a ese fin.
- b) La publicación del trabajo de grado.
- c) La traducción, adaptación, arreglo u otra transformación del trabajo de grado con fines académicos y de consulta.
- d) La importación al territorio nacional de copias del trabajo de grado hechas sin autorización del titular del derecho por cualquier medio incluyendo mediante transmisión.
- e) Cualquier otra forma de utilización del trabajo de grado que no está contemplada en la ley como excepción al derecho patrimonial.

CLÁUSULA QUINTA. - El presente contrato se lo realiza a título gratuito por lo que **LA CESIONARIA** no se halla obligada a reconocer pago alguno en igual sentido **LA CEDENTE** declara que no existe obligación pendiente a su favor.

CLÁUSULA SEXTA. - El presente contrato tendrá una duración indefinida, contados a partir de la firma del presente instrumento por ambas partes.

CLÁUSULA SÉPTIMA. - CLÁUSULA DE EXCLUSIVIDAD. - Por medio del presente contrato, se cede en favor de **LA CESIONARIA** el derecho a explotar la obra en forma exclusiva, dentro del marco establecido en la cláusula cuarta, lo que implica que ninguna otra persona incluyendo **LA CEDENTE** podrá utilizarla.

CLÁUSULA OCTAVA. - LICENCIA A FAVOR DE TERCEROS. - **LA CESIONARIA** podrá licenciar la investigación a terceras personas siempre que cuente con el consentimiento de **LA CEDENTE** en forma escrita.

CLÁUSULA NOVENA. - El incumplimiento de la obligación asumida por las partes en la cláusula cuarta, constituirá causal de resolución del presente contrato. En consecuencia, la resolución se producirá de pleno derecho cuando una de las partes comunique, por carta notarial, a la otra que quiere valerse de esta cláusula.

CLÁUSULA DÉCIMA. - En todo lo no previsto por las partes en el presente contrato, ambas se someten a lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, Código Civil y demás del sistema jurídico que resulten aplicables.

CLÁUSULA UNDÉCIMA. - Las controversias que pudieran suscitarse en torno al presente contrato, serán sometidas a mediación, mediante el Centro de Mediación del Consejo de la Judicatura en la ciudad de Latacunga. La resolución adoptada será definitiva e inapelable, así como de obligatorio cumplimiento y ejecución para las partes y, en su caso, para la sociedad. El costo de tasas judiciales por tal concepto será cubierto por parte del estudiante que lo solicitare.

En señal de conformidad las partes suscriben este documento en dos ejemplares de igual valor y tenor en la ciudad de Latacunga, a los 11 días del mes de marzo del 2022.

Ana Viviana Guanoluisa Cofre

Ing. Ph.D. Cristian Tinajero Jiménez

LA CEDENTE

LA CESIONARIA

AVAL DE LA TUTORA DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

En calidad de Tutora del Proyecto de Investigación con el título:

“EVALUACIÓN DE DOS ETAPAS DE APLICACIÓN DE OZONO CON TRES DOSIS, EN EL COMPORTAMIENTO POSCOSECHA DE FRESA (*Fragaria vesca*), COSECHADO A DIFERENTES ÍNDICES DE COLOR, COTOPAXI, 2021-2022”, de Guanoluisa Cofre Ana Viviana, de la carrera de Ingeniería Agronómica, considero que el presente trabajo investigativo es merecedor del Aval de aprobación al cumplir las normas, técnicas y formatos previstos, así como también ha incorporado las observaciones y recomendaciones propuestas en la Pre defensa.

Latacunga, 11 de marzo del 2022

Ing. Mg. Giovana Paulina Parra Gallardo

DOCENTE TUTORA

CC: 1802267037

AVAL DE LOS LECTORES DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

En calidad de Tribunal de Lectores aprobamos el presente Informe de Investigación de acuerdo a las disposiciones reglamentarias emitidas por la Universidad Técnica de Cotopaxi; y, por la Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales; por cuanto, la postulante: Guanoluisa Cofre Ana Viviana, con el título del Proyecto de Investigación: “EVALUACIÓN DE DOS ETAPAS DE APLICACIÓN DE OZONO CON TRES DOSIS, EN EL COMPORTAMIENTO POSCOSECHA DE FRESA (*Fragaria vesca*), COSECHADO A DIFERENTES ÍNDICES DE COLOR, COTOPAXI, 2021-2022”, ha considerado las recomendaciones emitidas oportunamente y reúne los méritos suficientes para ser sometido al acto de sustentación de trabajo de titulación.

Por los antes expuesto, se autoriza realizar los empastados correspondientes, según la normativa institucional.

Latacunga, 11 de marzo del 2022

Lector 1 (Presidente)
Ing. M.Sc. Clever Castillo De La Guerra
CC: 0501715494

Lector 2
Ing. Mg. Guadalupe López Castillo
CC: 1801902907

Lector 3
Ing. Ph.D. Edwin Chancusig Espín
CC: 0501148837

AGRADECIMIENTO

Agradezco principalmente a Dios y a la Virgen María, darme la vida y por darme la fuerza para continuar en este proceso de obtener uno de los anhelos más deseados.

A mis padres, hermanos, sobrinos, tíos y primos por brindarme su apoyo y ayuda para poder llegar hasta este logro, que definitivamente no hubiese podido hacer realidad sin ustedes.

Quiero agradecer profundamente a David Cuchiparte, gracias por haber compartido un tiempo conmigo y por darme la motivación necesaria para salir adelante, por enseñarme y aprender de su proceso, por ayudarme a crecer y madurar como persona y por estar siempre conmigo apoyándome en todas las circunstancias cuando fue posibles. INFINITAMENTE GRACIAS.

Por último, gracias a todos aquellos que de alguna y otra manera colaboraron con el desarrollo de este trabajo especialmente al Ing. Giovana Parra, Ing. López Guadalupe, Ing. Clever Castillo, y a mis amigos Jonatan, Paola y Guillermo que de una u otra forma me ayudaron y me encaminaron hacia el éxito en la realización y desarrollo de este proyecto.

**MIL GRACIAS A TODOS POR LAS MOLESTIAS
CAUSADAS POR MI PERSONA**

Ana Viviana Guanoluisa Cofre

DEDICATORIA

A mi familia

El presente proyecto de investigación se lo dedico con todo mi amor y cariño a mi papá Carlos Guanoluisa (†), mi ángel guardián y mi ejemplo de vida que desde el cielo me ilumina para seguir adelante en todo este sueño, mi motivador personal en esta vida, la principal razón para alcanzar esta ilusión. PAPÁ ESTO ES PARA TI.

A mi mamita Luzmila Cofre y a mi hermana Paulina Guanoluisa, por todos sus esfuerzos y su amor para mí. Pues sin ellas no lo habría logrado. Por eso les doy mi trabajo en ofrenda a su paciencia, a sus esfuerzos, sacrificios y a su amor de padre, madre y hermana.

A Dios y a mamita María por permitir que este sueño compartido se hiciera realidad, dándome el conocimiento, la sabiduría y las ganas para lograr este sueño.

LOS AMO MUCHO

Vivi

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS NATURALES

TÍTULO: “EVALUACIÓN DE DOS ETAPAS DE APLICACIÓN DE OZONO CON TRES DOSIS, EN EL COMPORTAMIENTO POSCOSECHA DE FRESA (*Fragaria vesca*), COSECHADO A DIFERENTES ÍNDICES DE COLOR, COTOPAXI, 2021-2022”

AUTOR: Guanoluisa Cofre Ana Viviana

RESUMEN

El presente proyecto de investigación se realizó en la provincia de Cotopaxi Parroquia Eloy Alfaro campus Salache en el laboratorio de la carrera de Ingeniería Agronómica. Tuvo como objetivo evaluar las etapas de aplicación de ozono con tres dosis, en el comportamiento poscosecha de fresa (*Fragaria vesca*), cosechado a diferentes índices de color, Cotopaxi, 2021-2022. Se aplicó un diseño de bloques completo al azar con un arreglo factorial de 2 x 2 x 3, dando un total de 12 tratamientos y 36 unidades experimentales. Las dosis de ozono aplicadas fueron 0, 0,3 y 0,6 ppm aplicados en precosecha y poscosecha. Los indicadores evaluados fueron incidencia de fisiopatías, pérdida de peso, firmeza, pH, sólidos totales, cenizas y humedad. Se obtuvo los siguientes resultados: La mejor etapa de aplicación fue en precosecha debido a que presentaron mejores promedios en cada una de las características evaluadas llegando al quinto día de toma de datos con promedios de 93,11 % de fisiopatías; 2,96 % peso; 0,79 kg de firmeza; 6,69 de pH; 38 % de cenizas y 90,59 % de humedad, en cambio poscosecha presentó 7,02 °Brix. Las dosis aplicadas arrojaron resultados positivos para 0,6 ppm registrando 91,67 % de fisiopatías; 2,83 % de pérdida de peso; 7,34 ° Brix y 32,37 % de cenizas en lo que se refiere al pH y humedad las dosis no mostraron valores significativos. El mejor índice para cosecha fue C1 (75% de color rojo) con promedios de 93,33 % de fisiopatías; 0,86 kg de firmeza, 90,41% de humedad, y 6,17 de pH, mientras que índice C2 (90% de color rojo) presentó 7,14 °Brix, 1,87 % de peso en los que respecta a cenizas ninguno de los índices mostró significancia.

Palabras Claves: Fresa, ozono, etapa de aplicación, índices de cosechas, fisiopatías.

TECHINICAL UNIVERSITY OF COTOPAXI

FACULTY OF AGRICULTURAL SIENCES AND NATURAL RESOURCES

THEME: “ASSESSMENT OF TWO STAGES OF OZONE APPLICATION WITH THREE DOSES, IN THE POST-HARVEST BEHAVIOR OF STRAWBERRY (*Fragaria vesca*), HARVESTED AT DIFFERENT COLOR INDEXES, COTOPAXI, 2021-2022.”

AUTHOR: Guanoluisa Cofre Ana Viviana

ABSTRACT

This research was carried out in Cotopaxi province, Eloy Alfaro parish, Salache campus at the laboratory of the Agronomic Engineering major. It aimed to evaluate the stages of ozone application with three doses in the post-harvest behavior of strawberry (*Fragaria vesca*), harvested at different color indices, Cotopaxi, 2021-2022. A randomized complete block design with a 2 x 2 x 3 factorial arrangement was applied, giving a total of 12 treatments and 36 experimental units. The applied ozone doses were 0, 0.3, and 0.6 ppm applied in pre-harvest and post-harvest. The indicators evaluated were incidence of physiopathies, weight loss, firmness, pH, total solids, ashes, and humidity. The following results were obtained: the best stage of the application was in pre-harvest because they presented better averages in each of the characteristics evaluated, reaching the fifth day of data collection with averages of 93.11% of physiopathies; 2.96% weight, 0.79 kg of firmness, 38% ash and 90.59% humidity, on the other hand, post-harvest presented 7.02 °Brix and 5.56 pH. The applied doses yielded positive results for 0.6 ppm, registering 91.67% of physiopathies; 2.83% weight loss; 7.34 ° Brix and 32.37% ash; and 5.94 pH concerning moisture; the doses did not show significant values. The best index for harvest was C1 (75% red) with averages of 93.33% physiopathies; 0.86 kg of firmness, and 90.41% moisture, while index C2 (90% red) presented 7.14 °Brix, 1.87% weight, and 6.08 pH in regards to ashes none of the indices showed significance.

Keywords: Strawberry, ozone, application stage, harvest rates, physiopathies.

ÍNDICE DE CONTENIDO

DECLARACIÓN DE AUTORÍA	ii
CONTRATO DE CESIÓN NO EXCLUSIVA DE DERECHOS DE AUTOR.....	iii
AVAL DE LA TUTORA DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN	vi
AVAL DE LOS LECTORES DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN	vii
AGRADECIMIENTO.....	viii
DEDICATORIA	ix
RESUMEN.....	x
ABSTRACT	xi
ÍNDICE DE CONTENIDO	xii
ÍNDICES DE TABLAS.....	xix
ÍNDICES DE GRÁFICOS.....	xxiii
ÍNDICES DE ANEXOS.....	xxvii
1. INFORMACIÓN GENERAL.....	1
2. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO	2
3. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO	2
4. BENEFICIARIOS DEL PROYECTO.....	3
4.1. Beneficiarios directos	3
4.2. Beneficiarios indirectos	3
5. EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.....	3
6. OBJETIVOS.....	5
6.1. Objetivo general	5
6.2. Objetivos Específicos	5
7. ACTIVIDADES Y SISTEMA DE TAREAS EN RELACIÓN A LOS OBJETIVOS PLANTEADOS.	6

8.	FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICO TÉCNICA	7
8.1.	Origen.....	7
8.2.	Clasificación taxonómica de la fresa	7
8.3.	Descripción botánica	8
8.3.1.	Raíz	8
8.3.2.	Corona	8
8.3.3.	Estolón.....	8
8.3.4.	Tallo	8
8.3.5.	Hoja.....	8
8.3.6.	Flores e inflorescencias.....	8
8.3.7.	Frutos.....	9
8.4.	Manejo de cosecha	9
8.4.1.	Índices de cosecha	10
8.4.2.	Selección.....	11
8.5.	Manejo de la poscosecha	13
8.6.	Principales causas de deterioro en poscosecha	13
8.6.1.	Deshidratación o pérdida de peso	13
8.6.2.	Fisiopatías	13
8.6.3.	Enfermedades.....	13
8.6.3.1.	La pudrición por Botrytis o moho gris	13
8.6.3.2.	La pudrición por Rhizopus	14
8.6.3.3.	Oídio (Oídium fragariae).....	14
8.6.4.	Maduración y senescencia.....	14
8.7.	Parámetros de calidad de la fresa.....	15
8.7.1.	Respiración.	16
8.7.2.	Pérdida de peso	16

8.7.3.	pH.....	16
8.7.4.	Contenido de Sólidos solubles.....	17
8.7.5.	Firmeza.....	18
8.7.6.	Humedad.....	18
8.7.7.	Cenizas	18
8.7.8.	Daño mecánico y microorganismos.....	19
8.8.	Tratamientos poscosecha	19
8.9.	El ozono (O ₃).....	20
8.9.1.	Espectro de acción del ozono	20
8.9.2.	Aplicación de ozono en poscosecha.....	21
8.9.3.	Formas de aplicación de ozono	22
8.9.4.	Efecto del pH y la temperatura del agua	22
8.9.5.	Ventajas de aplicación de ozono.....	23
8.9.6.	Desventajas de aplicación de ozono.....	24
8.9.7.	Aplicación de ozono en fresa	24
9.	HIPÓTESIS	26
10.	OPERACIONALIZACIÓN DE LAS VARIABLES.....	26
10.1.	Variable independiente.....	26
10.2.	Variable dependiente.....	26
11.	METODOLOGÍAS Y DISEÑO EXPERIMENTAL.....	28
11.1.	Características del área de investigación del sitio de producción.....	28
11.2.	Características del área de investigación en poscosecha.....	28
11.3.	Modalidad básica de investigación.....	29
11.3.1.	Investigación de campo	29
11.3.2.	De Laboratorio.....	29
11.3.3.	Investigación bibliográfica Documental	29

11.4.	Tipo de Investigación.....	29
11.4.1.	Experimental.....	29
11.4.2.	Cuantitativa	29
11.5.	Técnicas de Investigación.....	30
11.5.1.	Observación Directa.....	30
11.5.2.	Comparativa	30
11.6.	Materiales.....	30
11.6.1.	Materiales de oficina	30
11.6.2.	Materiales del ensayo	30
11.6.3.	Equipos e instrumentos de laboratorio.....	31
11.7.	Factores en estudio.....	31
11.8.	Diseño Experimental.....	32
11.9.	Tratamientos en estudio.....	32
11.10.	Análisis estadístico.....	32
11.11.	Análisis Funcional	33
11.12.	Características de la unidad experimental.....	33
11.13.	Manejo específico del ensayo	34
11.13.1.	Delimitación del área de ensayo.....	34
11.13.2.	Preparación de las dosis de ozono	34
11.13.3.	Aplicación de los tratamientos con ozono en precosecha	34
11.13.4.	Cosecha de frutos de fresa para la etapa de precosecha	35
11.13.5.	Cosecha de frutos de fresa para la etapa de poscosecha.....	35
11.13.6.	Envasado	35
11.13.7.	Almacenamiento	35
11.14.	Fase de laboratorio e indicadores a evaluar	36
11.14.1.	Incidencia de plagas y enfermedades	36

11.14.2.	Porcentaje de peso.....	36
11.14.3.	Firmeza	36
11.14.4.	pH.....	36
11.14.5.	Sólidos solubles totales (SST).....	37
11.14.6.	Humedad	37
11.14.7.	Determinación de Cenizas	37
12.	ANÁLISIS Y DISCUSION DE LOS RESULTADOS	38
12.1.	INCIDENCIA DE FISIOPATÍAS, PLAGAS Y ENFERMEDADES (%)......	38
12.1.1.	Análisis de varianza	38
12.1.2.	Prueba de Tukey para Factor A en la variable incidencia de fisiopatías.	40
12.1.3.	Prueba de Tukey para Factor B en la variable incidencia de fisiopatías.	41
12.1.4.	Prueba de Tukey para Factor C en la variable incidencia de fisiopatías.	42
12.1.5.	Prueba de Tukey para Factor AxB en la variable incidencia de fisiopatías. ...	44
12.1.6.	Prueba de Tukey para Factor AxC en la variable incidencia de fisiopatías. ...	46
12.1.7.	Prueba de Tukey para Factor BxC en la variable incidencia de fisiopatías. ...	47
12.1.8.	Prueba de Tukey para Factor AxBxC en la variable incidencia de fisiopatía	49
12.2.	PÉRDIDA DE PESO (%)......	51
12.2.1.	Análisis de varianza	51
12.2.2.	Prueba de Tukey para Factor A en la variable pérdida de peso.	53
12.2.3.	Prueba de Tukey para Factor B en la variable pérdida de peso.	54
12.2.4.	Prueba de Tukey para Factor C en la variable pérdida de peso.	55
12.2.5.	Prueba de Tukey para Factor A x C en la variable pérdida de peso.....	57
12.2.6.	Prueba de Tukey para Factor B x C en la variable pérdida de peso.....	58
12.2.7.	Prueba de Tukey para Factor A x B x C en la variable pérdida de peso.	60
12.3.	FIRMEZA	62
12.3.1.	Análisis de varianza	62

12.3.2.	Prueba de Tukey para Factor A en la variable firmeza.	64
12.3.3.	Prueba de Tukey para Factor B en la variable firmeza.	65
12.3.4.	Prueba de Tukey para Factor C en la variable firmeza.	66
12.3.5.	Prueba de Tukey para Factor A x B en la variable firmeza.	68
12.3.6.	Prueba de Tukey para Factor A x C en la variable firmeza.	69
12.3.7.	Prueba de Tukey para Factor B x C en la variable firmeza.	71
12.3.8.	Prueba de Tukey para Factor A x B x C en la variable firmeza.....	72
12.4.	pH.....	74
12.4.1.	Análisis de varianza	74
12.4.2.	Prueba de Tukey para Factor A en la variable pH.....	76
12.4.3.	Prueba de Tukey para Factor B en la variable pH.	77
12.4.4.	Prueba de Tukey para Factor C en la variable pH.	77
12.4.5.	Prueba de Tukey para Factor A x B en la variable pH.....	79
12.4.6.	Prueba de Tukey para Factor A x C en la variable pH.....	80
12.4.7.	Prueba de Tukey para Factor B x C en la variable pH.	81
12.4.8.	Prueba de Tukey para Factor A x B x C en la variable pH.	83
12.5.	SÓLIDOS SOLUBLES.....	85
12.5.1.	Análisis de varianza	85
12.5.2.	Prueba de Tukey para Factor A en la variable Sólidos solubles.	87
12.5.3.	Prueba de Tukey para Factor B en la variable Sólidos solubles.	88
12.5.4.	Prueba de Tukey para Factor C en la variable Sólidos solubles.	88
12.5.5.	Prueba de Tukey para Factor A x B en la variable Sólidos solubles.	89
12.5.6.	Prueba de Tukey para Factor A x C en la variable Sólidos solubles.	90
12.5.7.	Prueba de Tukey para Factor B x C en la variable Sólidos solubles.	92
12.5.8.	Prueba de Tukey para Factor A x B x C en la variable Sólidos solubles.....	93
12.6.	HUMEDAD	96

12.6.1.	Análisis de varianza	96
12.6.2.	Prueba de Tukey para Factor A en la variable humedad.	97
12.6.3.	Prueba de Tukey para Factor B en la variable humedad.	98
12.6.4.	Prueba de Tukey para Factor A x B x C en la variable humedad.	99
12.7.	CENIZAS	101
12.7.1.	Análisis de varianza	101
12.7.2.	Prueba de Tukey para Factor B en la variable cenizas.	102
12.7.3.	Prueba de Tukey para Factor C en la variable cenizas.	102
12.7.4.	Prueba de Tukey para Factor A x B en la variable cenizas.	103
12.7.5.	Prueba de Tukey para Factor A x C en la variable cenizas.	104
12.7.6.	Prueba de Tukey para Factor B x C en la variable cenizas.	106
12.7.7.	Prueba de Tukey para Factor A x B x C en la variable cenizas.	107
13.	CONCLUSIONES	109
14.	RECOMENDACIONES	110
15.	REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	111
	ANEXOS.....	120

ÍNDICES DE TABLAS

Tabla 1. Actividades y sistemas de tareas en relación con los objetivos planteados.	6
Tabla 2. Clasificación Taxonómica de la fresa.....	7
Tabla 3. Descripción de los índices de madurez con base al color.....	11
Tabla 4. Contenido de azúcar por color.	18
Tabla 5. Operacionalización de variables.....	27
Tabla 6. Ubicación del área de estudio.	28
Tabla 7. Ubicación de laboratorio.	28
Tabla 8. Tratamientos en estudio.....	32
Tabla 9. Esquema del Análisis de Varianza.	33
Tabla 10. Análisis de varianza (ADEVA) para incidencia de plagas y enfermedades (%) en la evaluación de ozono en fresas.	39
Tabla 11. Prueba de Tukey al 5% para el Factor A (Índice de cosecha por color) en la variable incidencia de plagas y enfermedades (%).	40
Tabla 12. Prueba de Tukey al 5% para el Factor B (Etapa de aplicación) en la variable incidencia de plagas y enfermedades (%).	42
Tabla 13. Prueba de Tukey al 5% para el Factor C (Dosis de ozono) en la variable incidencia de plagas y enfermedades (%).	43
Tabla 14. Prueba de Tukey al 5% para la interacción del Factor A (Índice de cosecha por color) x Factor B (Etapa de aplicación) en la variable incidencia de plagas y enfermedades (%). ...	45
Tabla 15. Prueba de Tukey al 5% para la interacción del Factor A (Índice de cosecha por color) x Factor C (Dosis de ozono) en la variable incidencia de plagas y enfermedades (%).	46
Tabla 16. Prueba de Tukey al 5% para la interacción del Factor B (Etapa de aplicación) x Factor C (Dosis de ozono) en incidencia de plagas y enfermedades (%).	48
Tabla 17. Prueba de Tukey al 5% para la interacción del Factor A (Índice de cosecha por color) x Factor B (Etapa de aplicación) x Factor C (Dosis de ozono) en incidencia de plagas y enfermedades (%).	49

Tabla 18. Análisis de varianza (ADEVA) para pérdida de peso (%) en la evaluación de ozono en fresas.....	52
Tabla 19. Prueba de Tukey al 5% para el Factor A (Índice de cosecha por color) en la variable pérdida de peso (%).	53
Tabla 20. Prueba de Tukey al 5% para el Factor B (Etapa de aplicación) en la variable pérdida de peso (%).	55
Tabla 21. Prueba de Tukey al 5% para el Factor C (Dosis de ozono) en la variable pérdida de peso (%).	56
Tabla 22. Prueba de Tukey al 5% para la interacción del Factor A (Índice de cosecha por color) x Factor C (Dosis de ozono) en la variable pérdida de peso (%).	57
Tabla 23. Prueba de Tukey al 5% para la interacción del Factor B (Etapa de aplicación) x Factor C (Dosis de ozono) en la variable pérdida de peso (%).	59
Tabla 24. Prueba de Tukey al 5% para la interacción del Factor A (Índice de cosecha por color) x Factor B (Etapa de aplicación) x Factor C (Dosis de ozono) en la variable pérdida de peso (%).	60
Tabla 25. Análisis de varianza (ADEVA) para firmeza en la evaluación de ozono en fresas.	63
Tabla 26. Prueba de Tukey al 5% para el Factor A (Índice de cosecha por color) en la variable firmeza (kg).	64
Tabla 27. Prueba de Tukey al 5% para el Factor B (Etapa de aplicación) en la variable firmeza (kg).	66
Tabla 28. Prueba de Tukey al 5% para el Factor C (Dosis de ozono) en la variable firmeza (kg).	67
Tabla 29. Prueba de Tukey al 5% para la interacción del Factor A (Índice de cosecha por color) x Factor B (Etapa de aplicación) en la variable firmeza (kg).	69
Tabla 30. Prueba de Tukey al 5% para la interacción del Factor A (Índice de cosecha por color) x Factor C (Dosis de ozono) en la variable firmeza (kg).	70
Tabla 31. Prueba de Tukey al 5% para la interacción del Factor B (Etapa de aplicación) x Factor C (Dosis de ozono) en la variable firmeza (kg).	71

Tabla 32. Prueba de Tukey al 5% para la interacción del Factor A (Índice de cosecha por color) x Factor B (Etapas de aplicación) x Factor C (Dosis de ozono) en firmeza (kg).....	72
Tabla 33. Análisis de varianza (ADEVA) para pH en la evaluación de ozono en fresas.....	75
Tabla 34. Prueba de Tukey al 5% para el Factor A (Índice de cosecha por color) en la variable pH.	76
Tabla 35. Prueba de Tukey al 5% para el Factor B (Etapas de aplicación) en la variable pH (%).	77
Tabla 36. Prueba de Tukey al 5% para el Factor C (Dosis de ozono) en la variable pH.	78
Tabla 37. Prueba de Tukey al 5% para la interacción del Factor A (Índice de cosecha por color) x Factor B (Etapas de aplicación) en la variable pH en el quinto día.	79
Tabla 38. Prueba de Tukey al 5% para la interacción del Factor A (Índice de cosecha por color) x Factor C (Dosis de ozono) en la variable pH.....	81
Tabla 39. Prueba de Tukey al 5% para la interacción del Factor B (Etapas de aplicación) x Factor C (Dosis de ozono) en la variable pH.	82
Tabla 40. Prueba de Tukey al 5% para la interacción del Factor A (Índice de cosecha por color) x Factor B (Etapas de aplicación) x Factor C (Dosis de ozono) en pH.....	83
Tabla 41. Análisis de varianza (ADEVA) para sólidos solubles en la evaluación de ozono en fresas.	86
Tabla 42. Prueba de Tukey al 5% para el Factor A (Índice de cosecha por color) en la variable sólidos solubles (°Brix).	87
Tabla 43. Prueba de Tukey al 5% para el Factor B (Etapas de aplicación) en la variable de sólidos solubles (°Brix).	88
Tabla 44. Prueba de Tukey al 5% para el Factor C (Dosis de ozono) en la variable sólidos solubles (°Brix) en el cuarto día.	89
Tabla 45. Prueba de Tukey al 5% para la interacción del Factor A (Índice de cosecha por color) x Factor B (Etapas de aplicación) en la variable sólidos solubles (°Brix) en el primer día.	90
Tabla 46. Prueba de Tukey al 5% para la interacción del Factor A (Índice de cosecha por color) x Factor C (Dosis de ozono) en la variable de sólidos solubles (°Brix).	91

Tabla 47. Prueba de Tukey al 5% para la interacción del Factor B (Etapa de aplicación) x Factor C (Dosis de ozono) en la variable de sólidos solubles (°Brix).....	92
Tabla 48. Prueba de Tukey al 5% para la interacción del Factor A (Índice de cosecha por color) x Factor B (Etapa de aplicación) x Factor C (Dosis de ozono) en la variable de sólidos solubles (°Brix).	94
Tabla 49. Análisis de varianza (ADEVA) para humedad en la evaluación de ozono en fresas.	96
Tabla 50. Prueba de Tukey al 5% para el Factor A (Índice de cosecha por color) en la variable humedad (%).	97
Tabla 51. Prueba de Tukey al 5% para el Factor B (Etapa de aplicación) en la variable humedad (%) en la primera toma.	98
Tabla 52. Prueba de Tukey al 5% para la interacción del Factor A (Índice de cosecha por color) x Factor B (Etapa de aplicación) x Factor C (Dosis de ozono) en la variable humedad (%). .	99
Tabla 53. Análisis de varianza (ADEVA) para cenizas en la evaluación de ozono en fresas.	101
Tabla 54. Prueba de Tukey al 5% para el Factor B (Etapa de aplicación) en la variable cenizas (%).	102
Tabla 55. Prueba de Tukey al 5% para el Factor C (Dosis de ozono) en la variable cenizas (%).	103
Tabla 56. Prueba de Tukey al 5% para la interacción del Factor A (Índice de cosecha por color) x Factor B (Etapa de aplicación) en la variable cenizas (%) en la primera toma.	104
Tabla 57. Prueba de Tukey al 5% para la interacción del Factor A (Índice de cosecha por color) x Factor C (Dosis de ozono) en la variable cenizas (%).	105
Tabla 58. Prueba de Tukey al 5% para la interacción del Factor B (Etapa de aplicación) x Factor C (Dosis de ozono) en la variable cenizas (%).	106
Tabla 59. Prueba de Tukey al 5% para la interacción del Factor A (Índice de cosecha por color) x Factor B (Etapa de aplicación) x Factor C (Dosis de ozono) en la variable cenizas (%). ..	107

ÍNDICES DE GRÁFICOS

Figura 1: Esquema de índices de madurez con base al color del fruto.....	10
Figura 2. Esquema de las aplicaciones del ozono por dosis	34
Figura 3. Comparación de medias entre el Factor A (Índice de cosecha por color) en la variable de incidencia de plagas y enfermedades (%).	41
Figura 4. Comparación de medias entre el Factor B (Etapas de aplicación) en la variable incidencia de plagas y enfermedades (%).	42
Figura 5. Comparación de medias entre el Factor C (Dosis de ozono) en la variable incidencia de plagas y enfermedades (%).	44
Figura 6. Interacción del Factor A (Índice de cosecha por color) x Factor B (Etapas de aplicación) en la variable incidencia de plagas y enfermedades (%).	45
Figura 7. Interacción del Factor A (Índice de cosecha por color) x Factor C (Dosis de ozono) en la variable incidencia de plagas y enfermedades (%).	47
Figura 8. Interacción del Factor B (Etapas de aplicación) x Factor C (Dosis de ozono) en incidencia de plagas y enfermedades (%).	48
Figura 9. Interacción del Factor A (Índice de cosecha por color) x Factor B (Etapas de aplicación) x Factor C (Dosis de ozono) en incidencia de plagas y enfermedades (%).	50
Figura 10. Comparación de medias entre el Factor A (Índice de cosecha por color) en la variable pérdida de peso (%).	54
Figura 11. Comparación de medias entre el Factor B (Etapas de aplicación) en la variable pérdida de peso (%).	55
Figura 12. Comparación de medias entre el Factor C (Dosis de ozono) en la variable pérdida de peso (%).	56
Figura 13. Interacción del Factor A (Índice de cosecha por color) x Factor C (Dosis de ozono) en la variable pérdida de peso (%).	57
Figura 14. Interacción del Factor B (Etapas de aplicación) x Factor C (Dosis de ozono) en la variable pérdida de peso (%).	59

Figura 15. Interacción del Factor A (Índice de cosecha por color) x Factor B (Etapa de aplicación) x Factor C (Dosis de ozono) en la variable pérdida de peso (%).	61
Figura 16. Comparación de medias entre el Factor A (Índice de cosecha por color) en la variable firmeza (kg).	65
Figura 17. Comparación de medias entre el Factor B (Etapa de aplicación) en la variable de firmeza (kg).	66
Figura 18. Comparación de medias entre el Factor C (Dosis de ozono) en la variable firmeza (kg).	68
Figura 19. Interacción del Factor A (Índice de cosecha por color) x Factor B (Etapa de aplicación) en la variable firmeza (kg).	69
Figura 20. Interacción del Factor A (Índice de cosecha por color) x Factor C (Dosis de ozono) en la variable firmeza (kg).	70
Figura 21. Interacción del Factor B (Etapa de aplicación) x Factor C (Dosis de ozono) en la variable firmeza (kg).	71
Figura 22. Interacción del Factor A (Índice de cosecha por color) x Factor B (Etapa de aplicación) x Factor C (Dosis de ozono) en firmeza (kg).	73
Figura 23. Comparación de medias entre el Factor A (Índice de cosecha por color) en la variable pH en el quinto día (%).	76
Figura 24. Comparación de medias entre el Factor B (Etapa de aplicación) en la variable de pH.	77
Figura 25. Comparación de medias entre el Factor C (Dosis de ozono) en la variable pH....	79
Figura 26. Interacción del Factor A (Índice de cosecha por color) x Factor B (Etapa de aplicación) en la variable pH en el quinto día.	80
Figura 27. Interacción del Factor A (Índice de cosecha por color) x Factor C (Dosis de ozono) en la variable pH.	81
Figura 28. Interacción del Factor B (Etapa de aplicación) x Factor C (Dosis de ozono) en la variable pH.	82

Figura 29. Interacción del Factor A (Índice de cosecha por color) x Factor B (Etapa de aplicación) x Factor C (Dosis de ozono) en pH.....	84
Figura 30. Comparación de medias entre el Factor A (Índice de cosecha por color) en la variable sólidos solubles (°Brix).	87
Figura 31. Comparación de medias entre el Factor B (Etapa de aplicación) en la variable de sólidos solubles (°Brix).	88
Figura 32. Comparación de medias entre el Factor C (Dosis de ozono) en la variable sólidos solubles (°Brix) en el cuarto día.	89
Figura 33. Interacción del Factor A (Índice de cosecha por color) x Factor B (Etapa de aplicación) en la variable sólidos solubles (°Brix) en el primer día.	90
Figura 34. Interacción del Factor A (Índice de cosecha por color) x Factor C (Dosis de ozono) en la variable de sólidos solubles (°Brix).	91
Figura 35. Interacción del Factor B (Etapa de aplicación) x Factor C (Dosis de ozono) en la variable de sólidos solubles (°Brix).	92
Figura 36. Interacción del Factor A (Índice de cosecha por color) x Factor B (Etapa de aplicación) x Factor C (Dosis de ozono) en la variable de sólidos solubles (°Brix).	95
Figura 37. Comparación de medias entre el Factor A (Índice de cosecha por color) en la variable humedad (%).	98
Figura 38. Comparación de medias entre el Factor B (Etapa de aplicación) en la variable humedad (%) en la primera toma.	99
Figura 39. Interacción del Factor A (Índice de cosecha por color) x Factor B (Etapa de aplicación) x Factor C (Dosis de ozono) en la variable humedad (%) en la primera toma. ..	100
Figura 40. Comparación de medias entre el Factor B (Etapa de aplicación) en la variable cenizas (%).	102
Figura 41. Comparación de medias entre el Factor C (Dosis de ozono) en la variable cenizas (%).	103
Figura 42. Interacción del Factor A (Índice de cosecha por color) x Factor B (Etapa de aplicación) en la variable cenizas (%) en la primera toma.	104

Figura 43. Interacción del Factor A (Índice de cosecha por color) x Factor C (Dosis de ozono) en la variable cenizas (%).	105
Figura 44. Interacción del Factor B (Etapa de aplicación) x Factor C (Dosis de ozono) en la variable cenizas (%).	106
Figura 45. Interacción del Factor A (Índice de cosecha por color) x Factor B (Etapa de aplicación) x Factor C (Dosis de ozono) en la variable cenizas (%).	108

ÍNDICES DE ANEXOS

Anexo 1. Prueba de plagio.....	120
Anexo 3. Preparación de agua ozonificada para la aplicación en la etapa precosecha	122
Anexo 4. Comprobación de dosis.....	122
Anexo 5. Aplicación de agua ozonificada en la etapa precosecha.....	123
Anexo 6. Cosecha de fresas con aplicación de agua ozonificada en precosecha	123
Anexo 7. Cosecha de fresas sin aplicación de agua ozonificada para la etapa de poscosecha	124
Anexo 8. Clasificación por dosis y índice por cosecha por color en la etapa de precosecha	124
Anexo 9. Cosecha y clasificación por índice de cosecha por color para la etapa poscosecha	125
Anexo 10. Empaque en cartones para transportarlas al laboratorio de agronomía.....	125
Anexo 11. Preparación de agua ozonificada para la aplicación en la etapa poscosecha.....	125
Anexo 12. Aplicación de agua ozonificada en la etapa poscosecha.....	126
Anexo 13. Ubicación de fresas en envases plásticos para su almacenamiento.....	126
Anexo 14. Implementación de diseño experimental.....	127
Anexo 15. Pesaje de muestra y determinación de fisiopatías.	127
Anexo 16: Observación de fisiopatías.	127
Anexo 17. Toma de firmeza.	128
Anexo 18. Licuado de fresas para obtención de zumo para la determinación de pH y sólidos solubles.....	128
Anexo 19. Toma de pH y Sólidos solubles.	129
Anexo 20. Peso de muestra para determinación de humedad.....	129
Anexo 21. Colocación de muestra en la estufa para determinación de humedad.....	130
Anexo 22. Peso de muestra de secas	130
Anexo 23. Preparación de muestras para determinación de cenizas.	131
Anexo 24. Peso de crisol más muestra seca para determinación de cenizas.....	131

Anexo 25. Colocación de muestras en muflas para obtención de cenizas	132
Anexo 26. Peso de muestras de cenizas más crisol.	132

1. INFORMACIÓN GENERAL

Título del Proyecto: “Evaluación de dos etapas de aplicación de ozono con tres dosis, en el comportamiento poscosecha de fresa (*Fragaria vesca*), cosechado a diferentes índices de color, Cotopaxi, 2021-2022”.

Fecha de inicio:

Octubre 2021

Fecha de finalización:

Febrero 2022

Lugar de ejecución:

Ciudad Latacunga - Provincia de Cotopaxi

Facultad que auspicia:

Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales

Carrera que auspicia:

Carrera de Agronomía

Proyecto de investigación vinculado:

Proyecto de Investigación formativa Manejo de Cosecha y Poscosecha de cultivos

Equipo de Trabajo:

Responsable del Proyecto:

Tutor: Ing. Mg. Parra Gallardo Giovana Paulina

Lector 1: Ing. M.Sc. Castillo de la Guerra Clever Gilberto

Lector 2: Ing. Mg. López Castillo Guadalupe de las Mercedes

Lector 3: Ing. Ph.D. Chancusig Espín Edwin Marcelo

Coordinador del Proyecto

Nombre: Guanoluisa Cofre Ana Viviana

Teléfonos: 0995618183

Correo electrónico: ana.guanoluisa9441@utc.edu.ec

Área de Conocimiento:

Agricultura, silvicultura y pesca

Línea de investigación:

Desarrollo y seguridad alimentaria

Sublíneas de la investigación por carrera:

Producción Agrícola sostenible

2. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

El presente proyecto fue realizado con la finalidad de evaluar el efecto de la aplicación del ozono en dos etapas de aplicación (pre cosecha y pos cosecha), utilizando tres dosis, cosechado en dos diferentes índices de color en fresa (*Fragaria vesca*) con la finalidad de aumentar el tiempo de vida útil de la fruta y mejorar la calidad e inocuidad del alimento. Dentro del estudio se realizaron varios análisis fisicoquímicos para lo cual se basó en los indicadores de pos cosecha: (vida útil, peso, firmeza, pH, sólidos solubles), para evaluar la acción del ozono en la vida útil, características organolépticas de la fresa y en la carga microbiológica propia de la fruta.

3. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO

Las fresas son una de las frutas más perecederas debido a su alta actividad respiratoria, lo que acelera su descomposición durante el almacenamiento, además, las fresas para consumo en fresco tienen un corto tiempo de vida después de la recolección debido al ablandamiento que se produce en la maduración y a la incidencia de hongos en el periodo de almacenamiento. Los daños por patógenos son una de las principales causas de pérdidas en fresas, debido a que no se utilizan tratamientos de desinfección. Por tal motivo, este proyecto tiene como propósito alargar la vida útil de la fruta asegurando su calidad mediante el uso de ozono, además permitirá al pequeño agricultor obtener más tiempo para su conservación y comercialización.

El ozono es un desinfectante que se ha utilizado durante décadas en muchos campos diferentes, tanto en forma acuosa como en gaseoso ya que brinda una desinfección sin radiación, sin productos químicos, sin alterar la temperatura y es eficaz frente a todo tipo de microorganismos. La eficacia del ozono en pos cosecha como agente antimicrobiano ha sido bien reconocido, y que elimina o impide la multiplicación de los microorganismos que deterioran los alimentos, por lo que su uso en la conservación de alimentos se viene recomendando, tanto a temperatura ambiente como en cámaras frigoríficas, con la ventaja de que el ozono no provoca cambios en las características organolépticas de los alimentos tratados (CosemarOzono, 2022).

Según diversos estudios, el uso de ozono en la conservación de fresas, a una dosis de 0,3 a 0,6 ppm, demuestra gran eficacia en la prolongación de la vida útil de las fresas, impidiendo su enmohecimiento, además de conserva las características organolépticas y grado de acidez en almacenajes de 10 días en congelamiento (CosemarOzono, 2022).

4. BENEFICIARIOS DEL PROYECTO

4.1. Beneficiarios directos

Los beneficiarios de proyecto serán productores de fresa del sector aledaños a la parroquia Huachi Chico, productores de la provincia de Tungurahua, estudiantes y docentes de la carrera de Ingeniería Agronómica de la Universidad Técnica de Cotopaxi.

4.2. Beneficiarios indirectos

Productores de fresa a nivel nacional.

5. EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

La fresa es una fruta no climatérica, apreciada por los consumidores por sus excelentes propiedades organolépticas. A nivel mundial se produce 8,885,028 toneladas, siendo China el mayor productor con un volumen de 2.955.453 toneladas anuales, seguido de Estados Unidos con una producción anual de 1.296.272 toneladas y a nivel de América del Sur está Colombia, Ecuador, Chile y Argentina (Hortoinfo, 2020).

La fresa es una fruta muy perecedera, que no sobrepasa los dos días a temperatura ambiente. El rápido deterioro comercial de la fresa viene determinado tanto por el consumo de sus propias reservas nutritivas como por la pérdida de agua por transpiración. Además, debido a su elevada actividad del agua y estructura rugosa, son alimentos idóneos para que en ellos proliferen microorganismos patógenos como *Botrytis cinérea* y *Rhizopus stolonifer*, microorganismos que causan enfermedades en los productos cosechados. Estas enfermedades son uno de los factores limitantes en la producción de fresa debido a que provocan pérdidas durante las etapas de cultivo y almacenamiento.

Las dos enfermedades de pudrición más importantes en fresas son las producidas por los hongos *Botrytis cinérea* y *Rhizopus stolonifer* los cuales son capaz de afectar el 95% de los frutos después de 48 horas de cosecha. El moho gris causado por *Botrytis cinérea* aparece como una mancha marrón claro o amarillenta hacia el final del cáliz y a los pocos días cubre de un moho gris, de apariencia polvosa, toda la superficie de la fruta. En el caso de *Rhizopus stolonifer*, sus esporas normalmente se hallan circulando en el aire y son de fácil propagación. Originando una podredumbre blanda en la que los tejidos pierden jugos. (Adriano Villa, 2007)

A nivel mundial se estima que las pérdidas por enfermedades oscilan entre el 5 % y el 25 % en los países desarrollados y entre el 20 % y el 50 % en los países en vías de desarrollo. Se ha

mencionado que este porcentaje de pérdida depende del nivel de tecnología que se produzca en los países en desarrollo, que puede ser una herramienta para el control efectivo de enfermedades fúngicas en poscosecha (Guamán Salán, 2017).

Ecuador anualmente produce alrededor de 30.000 toneladas métricas de fresa. El 60% de este se destina al consumo interno en forma de fruta fresca o procesada como helados, yogur y mermeladas. La extensión de su cultivo en Ecuador ha mostrado una tendencia creciente de un 20 y 30 % anual, debido a la facilidad de manejo y a la mano de obra familiar. (Adriano Villa, 2007)

La producción de fresas en el país se ha incrementado, la mayor producción se concentra en Pichincha, con 400 hectáreas cultivadas. Mientras que Tungurahua ocupa el segundo con 240 hectáreas. En otras provincias como Chimborazo, Cotopaxi, Imbabura y Azuay, la producción supera las 40 hectáreas (El Comercio, 2011). Actualmente, se comercializa bien en las dos cadenas grandes como SUPERMAXI y MI COMISARIATO, donde existe una gran demanda de la fruta (Borja Rengifo, 2010).

Sin embargo, su conservación constituye un problema para los productores y la industria, estos problemas se deben a la escasa disponibilidad del uso de refrigeración en el transporte y almacenamiento, lo que afecta negativamente la calidad. La fruta generalmente se deteriora de 2 a 3 días después de la cosecha y una de las principales causas de este deterioro es el crecimiento de microorganismos esto debido a la falta de utilización de métodos de control y al manejo inadecuado de las labores culturales, así como falta de información proporcionada a los agricultores sobre métodos de conservación.

Las enfermedades de poscosecha reducen significativamente la producción de fresa y provocan pérdidas económicas muy graves. Por tal motivo, se realizó esta investigación, para reducir estas pérdidas se optó por tratar las fresas con ozono, con el propósito de obtener frutas de mejor calidad, prolongar la vida útil de la fruta y evaluar la efectividad en el control de microorganismos sin alterar sus características organolépticas.

6. OBJETIVOS

6.1. Objetivo general

- Evaluar las etapas de aplicación de ozono con tres dosis, en el comportamiento poscosecha de fresa (*Fragaria vesca*), cosechado a diferentes índices de color, Cotopaxi, 2021-2022.

6.2. Objetivos Específicos

- Establecer la etapa de aplicación de ozono para mejor comportamiento poscosecha de fresa.
- Identificar la dosis de ozono para mejor comportamiento poscosecha de fresa.
- Determinar el mejor índice de cosecha por color en el cultivo de fresa.

7. ACTIVIDADES Y SISTEMA DE TAREAS EN RELACIÓN A LOS OBJETIVOS PLANTEADOS.

Tabla 1. Actividades y sistemas de tareas en relación con los objetivos planteados.

OBJETIVO 1	ACTIVIDAD	RESULTADO	MEDIO DE VERIFICACIÓN
Establecer la etapa de aplicación de ozono para mejor comportamiento poscosecha de fresa.	<ul style="list-style-type: none"> • Aplicación de ozono en precosecha y en poscosecha. • Registro de datos. 	<ul style="list-style-type: none"> • Obtención de etapa de aplicación de ozono 	<ul style="list-style-type: none"> • Libro de Campo • Material Fotográfico.
OBJETIVO 2	ACTIVIDAD	RESULTADO	MEDIO DE VERIFICACIÓN
Identificar la dosis de ozono para mejor comportamiento poscosecha de fresa.	<ul style="list-style-type: none"> • Adquisición del ozono. • Aplicación de ozono en el material de estudio. • Registro de datos. 	<ul style="list-style-type: none"> • Obtención de dosis para el mejor comportamiento en poscosecha • Fresas aplicadas ozono. 	<ul style="list-style-type: none"> • Libro de Campo • Material Fotográfico
OBJETIVO 3	ACTIVIDAD	RESULTADO	MEDIO DE VERIFICACIÓN
Determinar el mejor índice de cosecha por color en el cultivo de fresa.	<ul style="list-style-type: none"> • Comparación de cada índice de cosecha por color. • Adquisición de material en estudio. • Registro de datos. 	<ul style="list-style-type: none"> • Índices de cosecha establecidos • Indicadores evaluados 	<ul style="list-style-type: none"> • Libro de campo, fotografías, • Calificación colorimétrica de los índices de cosecha.

Elaborado por: (Guanoluisa, 2022).

8. FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICO TÉCNICA

8.1. Origen

La fresa debe su origen a dos especies antecesoras, *F. chiloensis* y *F. virginiana*, ambas nativas del Nuevo Mundo. *F. chiloensis* es nativa de la costa oeste de Norte y Sudamérica, mientras que *F. virginiana* es nativa de la costa este de Norteamérica; éstas fueron llevadas a Europa donde accidentalmente formaron híbridos en algún momento a mediados del siglo XVIII. La fresa regresó a América del Norte como híbrido domesticado y con mejoramiento adicional, produjo el fruto moderno de gran tamaño y sabor excelente que ahora se produce en todo el mundo (Solis Llerena, 2015).

8.2. Clasificación taxonómica de la fresa

Tabla 2. Clasificación Taxonómica de la fresa

Nombre Científico:	(<i>Fragaria vesca</i>)
Nombres vulgares:	Fresa, frutilla
Reino:	Plantae
División:	Magnoliophyta
Clase:	Magnoliopsida
Orden:	Rosales
Familia:	Rosaceae
Subfamilia:	Rosoideae
Tribu:	Potentilleae
Subtribu:	Fragariinae
Género:	<i>Fragaria</i>
Especie:	Vesca

Fuente: (Bonet Gigante, 2010)

8.3.Descripción botánica

8.3.1. Raíz

Solís (2015) y Ávila (2015) argumentan que el sistema radicular es fasciculado, se compone de raíces y raicillas de aspecto fibroso. Las raíces estructurales son de soporte y se originan en la corona. Las raíces terciarias toman agua y nutrientes. Las primeras presentan cambium vascular y suberoso, mientras que las segundas carecen de éste; son de color más claro y tienen un periodo de vida corto, de algunos días o semanas, en tanto que las raíces son perennes, pudiendo alcanzar los 2 a 3m, aunque lo normal es que no sobrepasen los 40 cm, encontrándose la mayor parte (90%) en los primeros 30 cm.

8.3.2. Corona

Ávila (2015) menciona que la corona es una roseta de aproximadamente 2,5 cm contiene tejidos vasculares en la base contiene hojas y yemas que pueden generar coronas nuevas.

8.3.3. Estolón

Chiqui & Lema (2010) argumenta que los estolones son un brote largo rastrero que se forma a partir de las hojas situadas en la base de la corona. Constituyen el método más fácil de propagación de plantas. De acuerdo con Solís (2015), los estolones tienen dos entre nudos largos, seguidos por una serie de entrenudos cortos, que forman la corona de la futura planta.

8.3.4. Tallo

Ávila (2015) afirma que posee un tallo rastrero que brota de la corona a partir del segundo nudo, se forma una nueva planta.

8.3.5. Hoja

Solís (2015) menciona que posee hojas compuestas, trifoliadas, de color verde de color verde más o menos oscuro y brillante, borde aserrado y con la cara superior pubescente. El tamaño varía según la variedad. Los pecíolos son generalmente largos y pubescentes

8.3.6. Flores e inflorescencias

Mark & Surendra (2015), afirma que las flores se originan de las yemas auxiliares, desarrollándose en ramilletes que crecen fuera de la bráctea. La flor primaria es la primera flor que se forma. Las flores secundarias se desarrollan bajo la flor primaria. Se pueden desarrollar flores terciarias bajo éstas y así continúa el patrón de desarrollo. Las flores primarias se

convierten en fruta primero y son las frutas más grandes. Las flores secundarias son las segundas en desarrollarse y llegan a ser las frutas segundas más grandes en tamaño y así sucesivamente

8.3.7. Frutos

De acuerdo con Ávila (2015), Chiqui & Lema (2010), el fruto es un poli-aquenio conocido botánicamente como eterio, en el que el receptáculo constituye la parte comestible el cual aloja numerosos aquenios (semillas), el color varía de rojo pálido a intenso; la forma puede ser globosa, cónica o de corazón y de tamaño directamente proporcional a las flores. Mark & Surendra (2015), indica que típicamente se desarrollan 5-6 frutas por encima de cada bráctea, pero pueden desarrollarse más. El desarrollo de la fruta puede ser dañada por varios factores tales como cortos períodos de heladas, falta de humedad en el suelo y daños causados por las plagas.

8.4. Manejo de cosecha

La fresa es una planta de fructificación continua, después de los cuatro o cinco meses y medio de trasplantadas las plantas, comienza la producción continua de la fruta, a partir de este momento se debe realizar la cosecha (Becerra, Robledo, & Defilippi, 2021).

La cosecha o recolección consiste en desprender el fruto de la planta; las fresas deben ser cosechadas con el mayor cuidado para que lleguen al mercado en buenas condiciones. La fruta debe ser cosechada en forma escalonada y temprano en la mañana cuando las temperaturas son bajas para evitar deshidratación. Debido a que la fruta es altamente perecedera, debe cosecharse a diario para evitar que la fruta se sobre madure en el campo, pero usualmente la cosecha se realiza dos o tres veces por semana. En el campo no deben quedar frutos que haya alcanzado su madurez fisiológica (completamente rojos), ya que para la siguiente cosecha estarán sobre maduras y de consistencia blanda, y al mezclarse con los frutos recolectados en el día se pueden compactar causando deterioro de todo lo producido, fermentación y mayor susceptibilidad al ataque de hongos. La cosecha se realiza a mano, tomando la fruta por el pedúnculo que se corta de 0,5 a 1 cm desde el cáliz, doblando y tirando suavemente para quebrarlo. Se debe evitar el exceso de presión con los dedos. Para venta en fresco se debe dejar el cáliz adherido. (Becerra, Robledo, & Defilippi, 2021).

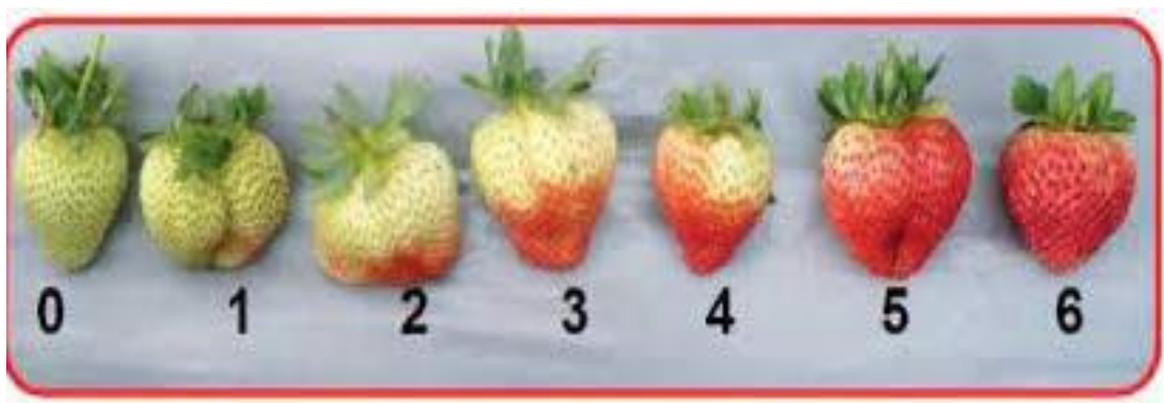
Los frutos deben ser cosechados con el mismo grado de maduración, firmes, pintones, libres de daños por hongos o por frío, de color rojo en el 70 % de su superficie y con pedúnculo; no se recomienda coleccionar frutos completamente maduros. (IICA, 2017)

La fresa cosechada debe ponerse delicadamente en el recipiente de recolección, de ninguna manera lanzarla o dejarla caer al recipiente, la selección de la fruta se hace de inmediato, separando aquellas defectuosas o fuera de tipo. Las fresas cosechadas no deben quedar expuestas al sol, estas deben ser trasladadas a un lugar bajo sombra o ambiente bajo techo, donde se continúa con el manejo poscosecha (Instituto Tecnológico Superior de Coalcomán, 2018)

8.4.1. Índices de cosecha

La selección de los frutos de fresa en el estado óptimo de maduración garantiza un producto de excelentes condiciones y buena vida útil. Si se cosechan frutos fisiológicamente inmaduros, no se desarrolla su color y sabor siendo un producto de calidad inferior. Si se cosecha un fruto sobre maduro este tendrá una vida comercial corta y se fermentará fácilmente dañando los frutos a su alrededor. Esta selección se realiza teniendo como guía el índice de madurez o tabla de color de la fresa. Se recomienda una recolección entre un grado 3 a 5. (SENA, 2014)

Figura 1: Esquema de índices de madurez con base al color del fruto.



Fuente: (SENA, 2014)

Tabla 3. Descripción de los índices de madurez con base al color.

Grado	Descripción
0	Fruto de color blanco verdoso bien desarrollado, a este estado se le conoce como madurez fisiológica.
1	El fruto es un de color blanco verdoso, con algunas áreas de color rosa en la zona apical.
2	Se incrementa el área de color rojo intenso en la zona apical.
3	El color rojo puro cubre la zona media del fruto y la zona de cáliz presenta visos rosados.
4	Aumenta el área de color rojo intenso hacia el cáliz.
5	El color rojo intenso aumenta y empieza a cubrir la zona del cáliz.
6	El color rojo intenso cubre todo el fruto.

Fuente: (Pazmiño Quiroga, 2019)

8.4.2. Selección

La apariencia, la calidad, la firmeza y la vida útil son importantes desde el punto de vista de la elección del consumidor. Los consumidores juzgan la calidad de las frutas frescas sobre la base de la apariencia y la firmeza en el momento de la compra inicial. La vida útil y las cualidades de la fruta dependen completamente de las etapas de madurez. Si las fresas se cosechan antes de la madurez óptima, su vida útil se prolonga, pero el valor nutritivo y la calidad se reducen. Por otro lado, los frutos de fresa completamente maduros poseen un alto valor nutritivo con una vida útil limitada (Moshiur, Moniruzzaman, Ahmad, Sarker, & Khurshid, 2016).

La fresa es una fruta no climatérica y se cosecha en diferentes etapas de madurez, según la variedad y la preferencia del mercado. Las frutas verdes son más propensas a marchitarse y sufrir lesiones físicas, y tienen una mala calidad de sabor cuando están maduras. Las frutas demasiado maduras se vuelven blandas y harinosas con un sabor insípido poco después de la cosecha. Las frutas recolectadas demasiado temprano o demasiado tarde son más susceptibles a los trastornos fisiológicos posteriores a la cosecha que las frutas recolectadas en la etapa adecuada de madurez. Las fresas maduras tienen altos sólidos solubles, azúcares totales, ácido

ascórbico total y pH, y tienen baja firmeza y acidez. Las paredes celulares delgadas en las frutas de fresa conducen al ablandamiento de la fruta y a un alto nivel de susceptibilidad a las lesiones físicas de la fruta (Moshiur, Moniruzzaman, Ahmad, Sarker, & Khurshid, 2016).

Una fruta de fresa cosechada en plena maduración y mantenida a temperatura ambiente, se deteriora en un 80% en sólo 8 horas, los frutos sobre maduros tienen un menor precio y son más sensibles al ataque de enfermedades. Por esto debe cosecharse, entre 1/2 y 3/4 partes de la superficie de color rojo o rosa. La selección de la fruta se hace de acuerdo con el mercado al que se dirige. Hay tipos diferentes de frutas que se comercializan y en cada uno de estos tipos diferentes categorías. (Casaca, 2005)

Los tres tipos principales son:

- fruta fresca para exportación.
- fruta fresca para mercado nacional.
- fruta para industria.

Fruta fresca para exportación: Se recolectan preferentemente frutos relativamente más firmes con un desarrollo de color rojo ≥ 75 % para soportar los rigores del transporte. Aunque estas frutas no mejoran en sabor, aun así, se ablandan y desarrollan un color rojo completo (Azam, Ejaz, Ur, Khan, & Qadri, 2019). Debe seleccionarse y empacarse debidamente en el mismo momento de la cosecha. La selección se basa en grado de maduración, tamaño, uniformidad y sanidad de las frutas. Estas no pueden ser lavadas ni contener ninguna suciedad o materia extraña. Se separa por tamaños de acuerdo a lo que los compradores pidan, ejemplo: extra grande (mayor de 40 mm), grande (35 a 40mm) mediana (30 a 35 mm) y pequeña (25 a 30 mm).

Fruta fresca para mercado nacional: es aquella que por pequeños defectos de formación o por tener más de $\frac{3}{4}$ de color rojo, no califica para exportación. La fruta para consumo en fresco no puede ser almacenada, debe mantenerse en cámara fría entre 0 y 20°C con 85-90% de humedad relativa; aun así, no puede mantenerse más de 4 días antes de ser llevada al mercado.

Fruta para industria: es aquella que, por excesiva maduración, defectos de formación, daños no muy severos y tamaño pequeño, no califica para fruta fresca. Se lava, se le quita el cáliz y el pedúnculo y se empaca en bolsas prácticas de 5 Kg. para ser llevada al mercado. La fruta industrial puede ser congelada y almacenada para su uso posterior.

8.5. Manejo de la poscosecha

La fresa se clasifica como un fruto no climatérico, es decir no mejora su calidad gustativa después de cosechada, sólo aumenta el color y disminuye la firmeza. Se caracteriza por poseer una elevada tasa respiratoria, por lo que se asocia a una corta vida de almacenamiento. La fresa presenta una epidermis delgada, gran porcentaje de agua, y alto metabolismo, lo cual la hace muy perecible y expuesta al deterioro causado por daño mecánico o por microorganismos. Por lo cual el manejo de cosecha y poscosecha debe ser cuidadoso, para obtener una fruta de buena calidad (Undurraga & Vargas, 2013).

8.6. Principales causas de deterioro en poscosecha

8.6.1. Deshidratación o pérdida de peso

La fresa tiene alto porcentaje de pérdida de agua debido a su alta tasa respiratoria y a su piel delgada, la cual puede ser acelerada por alta temperatura en la cosecha. La pérdida de un 4% de su peso se distingue en la piel, la cual pierde el brillo y se arruga. Pérdidas mayores al 5% de humedad hacen que la fruta no sea comerciable, además provoca un descenso importante de la calidad sensorial al afectar la apariencia y textura del fruto y una disminución en la calidad nutricional (Undurraga & Vargas, 2013).

8.6.2. Fisiopatías

Probablemente, debido al rápido mercadeo y a los muy cortos períodos de almacenamiento, las fisiopatías no son de mayor preocupación en fresa. (Casaca, 2005)

8.6.3. Enfermedades

Una fuente importante de deterioro de las fresas son los organismos que actúan sobre la fruta descomponiéndola, por lo tanto, son la principal causa de pérdida en poscosecha. En esta etapa no se aplican a la fruta fungicidas en poscosecha. (Casaca, 2005).

8.6.3.1. La pudrición por Botrytis o moho gris

Botrytis cinérea es el principal problema sanitario de la fresa, se presenta en cultivo y en almacenamiento y el daño se concentra en las flores y frutos, aunque también se pueden afectar las hojas. El principal síntoma se observa en los frutos maduros y corresponde a una pudrición blanda acompañada de una masa de micelio y conidios de color plomizo. este hongo puede crecer desde 0 °C, por lo que durante la poscosecha la presencia de un fruto enfermo puede terminar pudriendo todos los frutos adyacentes (Casaca, 2005).

8.6.3.2. La pudrición por *Rhizopus*

Es causada por el hongo *Rhizopus stolonifer*, cuyas esporas generalmente están presentes en el aire y se propagan fácilmente. Se caracteriza por el ablandamiento del fruto y exudado. Este hongo no crece a temperaturas inferiores a 5 °C por lo tanto el buen manejo de la temperatura es el método más simple de control (Becerra, Robledo, & Defilippi, 2021).

8.6.3.3. Oídio (*Oidium fragariae*)

Se manifiesta como una pelusa blanquecina sobre ambas caras de la hoja. Prefiere las temperaturas elevadas, de 20 a 25 °C, y el tiempo soleado, deteniendo su ataque en condiciones de lluvia prolongada. Persiste durante el invierno en estructuras resistentes (Borja, 2010)

8.6.4. Maduración y senescencia

La madurez confiere a las fresas cualidades positivas y negativas. La maduración afecta sus propiedades nutricionales, incluido el contenido de fibra, vitaminas y antioxidantes, y produce el color, el sabor y el aroma que componen el sabor de la fruta.

Los cambios en la firmeza de la fruta durante la maduración o el almacenamiento aumentan la probabilidad de ataque de patógenos, además de una textura indeseable para el consumidor. Estos factores negativos son la causa principal de la mala cosecha y, por lo tanto, tienen importantes consecuencias económicas y comerciales.

Para la mayoría de las frutas carnosas, la calidad de la textura suele ser más importante que el carácter aromático, y aunque las preferencias por algunas propiedades pueden variar de un país a otro, existe una demanda mundial para la producción de frutas firmes, sin desórdenes fisiológicos y libres de patógenos. Los principales eventos metabólicos que conducen a cambios de textura durante la maduración son:

- ✓ Pérdida de turgencia celular
- ✓ Degradación y cambios fisiológicos en la composición de membranas celulares
- ✓ Degradación de polisacáridos
- ✓ Modificaciones en la estructura y dinámica de la pared celular

Sin embargo, la contribución relativa de cada uno de estos aspectos a la maduración no está del todo clara y varía según la especie y el cultivar. Las fresas son una fruta no climatérica de rápido crecimiento y maduración. Se caracteriza por el hecho de que el envejecimiento coincide con la etapa final de la edad adulta. Las células del tejido vegetal están rodeadas por paredes celulares rígidas que brindan soporte mecánico al tejido. Las paredes celulares de la

fresa contienen grandes cantidades de ácido galacturónico, galactosa y arabinosa, que son típicos del polisacárido de pectina. Durante la maduración, se producen cambios estructurales tanto en la capa media como en la pared celular primaria, lo que conduce a la escisión celular y al consiguiente ablandamiento del tejido. Estos cambios estructurales van acompañados de pérdida de azúcares neutros, disolución y despolimerización de los polisacáridos de la pared celular, reducción de la composición de la pared celular y reordenamiento estérico debido a la acción combinada de las enzimas pectina y la hemicelulosa (Contigiani, 2019).

8.7. Parámetros de calidad de la fresa

La condición de la fruta debe permitir el transporte y manipulación de manera que llegue en forma satisfactoria al lugar de destino, por lo tanto se deben considerar mínimas condiciones de calidad, tales como: las fresas deben estar enteras, con la forma característica de la variedad; firmes no sobre maduras (caracterizado por una coloración y pérdida de firmeza) ni tampoco inmaduras (hasta la mitad de su superficie sin el color característico de la variedad); la coloración del fruto debe ser homogénea y acorde con el estado de madurez; sanas sin daño por insectos ni enfermedades que implique cualquier grado de descomposición o fermentación de los tejidos, libre de daño mecánico, limpias sin partículas de residuos, sin fruta fuertemente deformada debido a polinización defectuosa; los frutos deben tener cáliz y pedúnculo bien adherido, el pedúnculo debe medir de 8 a 10 mm de longitud y de color verde no deteriorado. (Undurraga & Vargas, 2013)

Las características organolépticas a considerar son la apariencia (color rojo o rojizo ligeramente verdoso, tamaño, forma, ausencia de defectos), firmeza, sabor (sólidos solubles, acidez titulable y compuestos aromáticos) y valor nutricional (vitamina C). Para un sabor aceptable se recomienda un mínimo de 7% de sólidos solubles y/o un máximo de 0,8% de acidez titulable. (Undurraga & Vargas, 2013)

Las fresas, como cualquier fruta, continúan con su metabolismo activo después de la cosecha. Al ser un producto altamente perecedero, se puede mejorar su calidad y vida útil controlando el proceso de deterioro y neutralizando los procesos fisiológicos, tanto del fruto como de los patógenos que pueda contener. Factores tanto como extrínsecos influyen en la extensión de su vida útil. Entre los factores intrínsecos, el más importante es la tasa de respiración, que está influenciada por el medio ambiente, como la especie, el tamaño, la variedad, las condiciones de crecimiento, el estado de madurez, la composición atmosférica y la temperatura. Por otro lado,

los factores extrínsecos incluyen la temperatura de almacenamiento, la humedad relativa, la carga microbiana inicial, los equipos y materiales de envasado de polímeros, el volumen y la superficie del contenedor, y la luz (Almenar, 2005).

8.7.1. Respiración.

Las fresas se caracterizan por una alta tasa de respiración (50-100 ml CO₂/kg·h a 20 °C), muy dependiente de la temperatura y tiempo de almacenamiento, estado de maduración, concentración gaseosa, cantidad de etileno (Almenar, 2005).

8.7.2. Pérdida de peso

La fresa presenta una elevada tasa de transpiración, produciendo pérdidas de agua que implican arrugamiento (aspecto envejecido), disminución de peso comercial y descenso de la calidad sensorial, afectando a la apariencia, textura y jugosidad del fruto. En la mayoría de los frutos pérdidas del 3-5 % del peso inicial en forma de agua transpirada son suficientes para promover un aspecto arrugado, perdiendo su apariencia externa inicial. Problema todavía más notable en el caso de las fresas, pues debido a su fina piel no poseen una buena barrera exterior con que retener el agua. La pérdida de este parámetro de calidad implica en la fresa un mayor encogimiento y una disminución de su brillo, siendo por ello la máxima pérdida de peso aconsejable para este fruto durante su comercialización del 6% (Almenar, 2005)

En particular, la deshidratación es el resultado de un gradiente de vapor formado entre las atmósferas interna saturada con los espacios intermoleculares del fruto y atmósferas externa. La mayor migración de vapor de agua se produce en la superficie del fruto y en los deterioros existentes. Este proceso de desorción está influenciado por factores tanto internos como externos. Los internos incluyen: morfología y anatómica del fruto, relación volumen superficie, deterioro superficial, grado de madurez entre otros. Entre los factores externos encontramos la temperatura, la humedad relativa, el flujo de aire y la presión atmosférica. (Almenar, 2005)

8.7.3. pH

La fresa se clasifica como una fruta ácida debido a que se presenta valores para el promedio de pH que fluctúan entre 3 - 5. El pH ácido es propiedad de las fresas para uso industrial, y el mercado consumidor de frutas crudas prefiere frutas de baja acidez. El valor de pH expresa solo el ácido desacoplado y tiene el poder de amortiguar la solución, mientras que la acidez titulable se expresa como la cantidad de ácido presente. (Morais, Oliveira, Franco, De Barros, & Villela, 2015)

La variación del pH con el tiempo presenta mínimas diferencias (Gomez P, 2021). Estudios realizados en fresas tratadas térmicamente demuestran que el valor de pH no varía significativamente, además estudios realizados en fresas almacenadas en material de envasado resaltan que la variación del pH en la fresa puede considerarse insignificante ya que no existen variaciones significativas (Borja, 2010).

El pH es uno de los parámetros que presenta menor variación durante el periodo de poscosecha de la fresa. Diversos estudios muestran pocos o ningún cambio con el tiempo, incluso con la modificación de factores externos como temperatura, aumento de CO₂, etc. (Almenar, 2005).

Según (Defy, Supartha, & Wayan, 2021) menciona que el valor de pH aumenta con la disminución de los niveles de ácido total en las fresas. Durante el proceso de maduración de la fruta, los ácidos orgánicos de la fruta se descomponen en azúcar después de que se lleva a cabo el proceso de respiración. Los ácidos orgánicos, como el málico o el ácido cítrico, son los sustratos primarios para la respiración. El aumento del valor de pH indica que el valor de ácido orgánico de la fruta disminuye porque el azúcar total en la fruta aumenta.

8.7.4. Contenido de Sólidos solubles

Los sólidos solubles son el conjunto de determinados azúcares (glucosa, fructosa y sacarosa), ácidos orgánicos (ácido málico, ácido cítrico y ácido succínico), compuestos fenólicos, antocianos, etc., cuyas proporciones dependen de la variedad estudiada (Almenar, 2005).

En las frutas no climatéricas como en el caso de las fresas, los azúcares tienden a acumularse durante la maduración. Así la medición de azúcares en la fruta puede proporcionar un índice de la madurez de la fruta y en la mayoría de los casos, este valor refleja de manera exacta la dulzura de la fruta. Las fresas no acumulan almidón durante su desarrollo y su sabor dulce es debido al rompimiento de la sacarosa la cual se acumula durante la primera parte de la vida de la fruta. Es por eso que debe cosecharse madura o muy cercana a su madurez completa para que su sabor sea aceptable por el consumidor. Prácticamente para todas las frutas, mientras más grande sea el valor de los sólidos solubles, más madura y más dulce será la fruta (Alcántara González, 2009) .

Los azúcares más representativos en fresas son la sacarosa, glucosa y fructosa, los cuales constituyen en casi su totalidad en frutos maduros. La glucosa y fructosa se encuentran en proporciones similares en frutos maduros y constituyen un 83% del total de los azúcares (Borja, 2010).

Tabla 4. Contenido de azúcar por color.

Color	0	1	2	3	4	5	6
Límite inferior (° Brix)	6.0	6.3	6.5	6.8	6.9	7.4	7.9
Límite superior (° Brix)	6.5	6.8	7.1	7.3	7.5	8.1	8.5

Fuente: (Gomez P, 2021)

8.7.5. Firmeza

La textura es la propiedad física representativa del proceso de masticación y percepción del alimento en la boca. Está considerada como otro parámetro clave indicador de calidad por ser directamente proporcional al grado de madurez del fruto. Para la realización de las medidas de fuerza existen una gran variedad de posibilidades: penetración, compresión, tensión, de entre las cuales la penetración es la más utilizada en las fresas (Borja, 2010).

La firmeza de los frutos cambia durante la maduración y el almacenamiento debido a la degradación de la protopectina a pectina por la acción de la poligalacturonasa, la hidrólisis de los ésteres metílicos por la acción de la pectina metil esterasa y la degradación de la celulosa y las hemicelulosas (Andreas A, Akrida Demertzi, Demertzis, & Kyriakos A, 2021).

8.7.6. Humedad

Según Beltrán (2010) manifiesta que el agua es el componente más abundante de los frutos, encontrándose en niveles comprendidos entre 89 y 94%. Los frutos son altamente sensibles a la deshidratación, lo que determina que sea recomendable realizar el almacenamiento postcosecha a 90-95% de humedad relativa y evitar de este modo la pérdida de agua y con ello alargando la vida anaquel del producto en el mercado (Villalobos Acuña, 2009)

8.7.7. Cenizas

Las cenizas representan el contenido en minerales del alimento; en general, las cenizas suponen menos del 5% de la materia seca de los alimentos. Los minerales, junto con el agua, son los únicos componentes de los alimentos que no se pueden oxidar en el organismo para producir energía; por el contrario, la materia orgánica comprende los nutrientes (proteínas, carbohidratos y lípidos) que se pueden quemar (oxidar) en el organismo para obtener energía, y se calcula como la diferencia entre el contenido en materia seca del alimento y el contenido en cenizas.

Las cenizas se determinan como el residuo que queda al quemar en un horno o mufla los componentes orgánicos a 550 °C durante 5 horas (Marquez, 2014).

La determinación de cenizas permite detectar posibles contaminaciones metalizas en los alimentos, los cuales pueden ocurrir durante el proceso de producción si parte de los metales de la maquinaria empleada pasan al producto , o durante el almacenamiento de los productos.

La fresa posee 0,46 % de cenizas y una notable riqueza mineral especialmente de hierro y magnesio, en 200 g de fresas hay un 17 % de hierro y un 9% de magnesio también aporta potasio, calcio, fosforo, magnesio, cobre y silicio, por lo que es un alimento muy indicado en curas de remineralización y en el tratamiento de déficit nutricionales (Coggle, 2022).

8.7.8. Daño mecánico y microorganismos.

Cualquier tipo de herida o rasgadura en el fruto incrementa la tasa respiratoria del mismo. La intensidad de la respuesta dependerá de la severidad del daño y la variedad a la cual pertenece el fruto afectado, este comportamiento probablemente se deba a que el daño producido desencadena un efecto indirecto en la producción de etileno, debido a que este proceso se estimula bajo dichas condiciones. Igualmente, al haber heridas en el fruto, existen potenciales fuentes de entradas de microorganismos, los cuales modifican la tasa respiratoria, afectando por ende la vida postcosecha del fruto. Se ha comprobado que ciertos microorganismos que afectan los frutos incrementan la tasa de producción de etileno. (Villalobos Acuña, 2009).

8.8. Tratamientos poscosecha

Los dos objetivos principales de la aplicación de técnicas poscosecha a los productos hortofrutícolas son mantener la calidad (apariencia, textura, sabor, valor nutritivo y sanitario) y reducir las pérdidas entre la cosecha y el consumo (Contigiani, 2019).

Los principales agentes que afectan la calidad de estos productos son los microorganismos, que, desde el momento de la recolección hasta su llegada al consumidor final, van descomponiéndolos (Contigiani, 2019).

Así pues, uno de los procesos fundamentales, tanto para aumentar la vida útil de los productos hortofrutícolas, como para mantener sus características organolépticas óptimas, es la eliminación de esos microorganismos, es decir, la desinfección. Entre las técnicas emergentes y de procesamiento mínimo encontramos:

- ✓ CO₂

- ✓ Radiación ionizante
- ✓ Luz pulsada de alta intensidad
- ✓ Luz ultravioleta
- ✓ Ozono
- ✓ Antimicrobianos naturales (Contigiani, 2019).

8.9. El ozono (O₃)

El ozono (O₃) es un compuesto triatómico que se ha utilizado por décadas como agente desinfectante que actúa rápidamente proporcionando un excelente control microbiológico, por su poder de inactivación de virus, bacterias, mohos y levaduras a través de la oxidación de sus membranas celulares. (Pretell Vasquez, Marquez Villacorta, & Siche, 2016). En 2001, el ozono fue declarado como sustancia GRAS (generalmente reconocido como seguro) por la FDA para su uso comercial como desinfectante y sanitizante en la industria de alimentos (Andrade Cuvi, Moreno Guerreo, Guijarro Fuertes, Ayora, & Pozo, 2019)

El ozono, es un producto inocuo para el suelo, el agua o los productos agrícolas. Tiene además un amplio espectro de acción, por lo que su aplicación puede servir para controlar diversas especies no solo de hongos fitopatógenos, sino también de bacterias y nematodos, además de que puede ser aplicado sobre el cultivo ya establecido, con la ventaja de ser usado en el momento que sea necesario, contrastando con los productos fumigantes de acción más fuerte que, aunque con demostrada acción contra organismos fitopatógenos, pueden tener un efecto tóxico sobre las plantas. (Bucio Villalobos, Díaz Serrano, Martínez Jaime, & Torres Morales, 2016)

8.9.1. Espectro de acción del ozono

El ozono no tiene límites en el número y especies de microorganismos que puede eliminar, dado que actúa sobre estos a varios niveles. La oxidación directa de la pared celular constituye su principal modo de acción. Esta oxidación provoca la rotura de dicha pared, propiciando así que los constituyentes celulares salgan al exterior de la célula. Asimismo, la producción de radicales hidroxilos como consecuencia de la desintegración del ozono en el agua, provoca un efecto similar al expuesto. Los daños producidos sobre los microorganismos no se limitan a la oxidación de su pared: el ozono también causa daños a los constituyentes de los ácidos nucleicos (ADN y ARN), provocando la ruptura de enlaces carbono-nitrógeno, lo que da lugar a una despolimerización. Los microorganismos, por tanto, no son capaces de desarrollar

inmunidad al ozono como hacen frente a otros compuestos. El ozono es eficaz, pues, en la eliminación de bacterias, virus, protozoos, nemátodos, hongos, agregados celulares, esporas y quistes. Por otra parte, actúa a menor concentración y con menor tiempo de contacto que otros desinfectantes como el cloro, dióxido de cloro y monoclóraminas. Además, el ozono, como indicábamos previamente, oxida sustancias citoplasmáticas, mientras que el cloro únicamente produce una destrucción de centros vitales de la célula, que en ocasiones no llega a ser efectiva por lo que los microorganismos logran recuperarse (Perez, 2022).

8.9.2. Usos del ozono

- ✓ Inyección de agua ozonizada en el riego: El riego con agua ozonizada desinfecta las raíces y el sustrato, impidiendo la aparición de enfermedades causadas por hongos o bacterias.
- ✓ Tratamientos foliares con ozono evitan otros ataques bacterianos, como la botritis o podredumbre parda, la ceniza y el mildiu.
- ✓ Limpieza y desinfección de frutas y verduras previniendo así la ingesta de restos de pesticidas o plaguicidas que pueden quedar y que solo el agua no elimina.
- ✓ Desinfección e higienización (tierras, medios de cultivo, aguas de riego, sistema de llenado y los propios productos hortofrutícolas).
- ✓ Riego y tratamiento con agua ozonizada en semilleros y viveros.
- ✓ Lavado y desinfección de frutas y hortalizas.
- ✓ Conservación de frutas y hortalizas en cámaras frigoríficas (ozono gas).
- ✓ Control de etileno con ozono gas.
- ✓ Higienización de salas blancas o salas de manipulación, envases, maquinaria (Gestiriego, 2019).

8.9.2. Aplicación de ozono en poscosecha.

La industria alimentaria requiere de un ambiente estéril y libre de residuos que puedan ocasionar problemas a la salud del consumidor a largo plazo. La tecnología tradicional utiliza agua con o sin un agente desinfectante para lavar frutas y verduras frescas. El cloro es el agente desinfectante más utilizado para productos frescos, pero tiene un efecto limitado en matar bacterias en las superficies de frutas y vegetales. (Aafia, 2018)

La investigación y las aplicaciones comerciales han verificado que el ozono puede reemplazar a los agentes desinfectantes tradicionales y proporcionar otros beneficios. El uso de ozono en

el procesamiento de alimentos ha pasado recientemente a primer plano como resultado de la reciente aprobación por parte de la U.S. Food and Drug Administration del uso de ozono como agente antimicrobiano para el tratamiento, almacenamiento y procesamiento de alimentos. (Aafia, 2018)

El ozono tiene un gran poder bactericida, es un oxidante / desinfectante que se descompone rápidamente en oxígeno diatómico (O₂), mientras reacciona con la materia orgánica o los microorganismos. Es seguro y económico por eso el gran impacto en la industria alimentaria. En el caso de frutas y hortalizas, el ozono se usa para aumentar la seguridad y la vida útil de los productos frescos ya que elimina o impide la multiplicación de microorganismos responsables de la putrefacción que habitualmente, descomponen los alimentos (Aafia, 2018) & (CosemarOzono, 2022).

8.9.3. Formas de aplicación de ozono

El ozono se aplica tanto en fase acuosa como gaseosa para el tratamiento postcosecha de frutas y hortalizas por su capacidad de actuar como agente bactericida y fungicida. La aplicación del ozono, permite inactivar bacterias, virus, hongos y parásitos que contaminan los alimentos. Según Urbano (2018), menciona que el ozono gaseoso degrada varios tipos de aflatoxinas, a más de esto se utiliza para controlar la aparición de malos olores y para neutralizar el etileno de los productos vegetales.

En cambio, la forma acuosa puede utilizarse para la desinfección de equipos y para el lavado de frutas y hortalizas. Según TOPOZONO (2022) menciona que el tratamiento con agua ozonizada ataca a las esporas de la Podredumbre gris (*Botrytis cinérea*), que tanto afecta al tomate, vid, fresa entre otros.

Los métodos más utilizados para generar ozono son la descarga de corona, el método electroquímico y por radiación ultravioleta (Horvitz & Cantalejo, 2014).

8.9.4. Efecto del pH y la temperatura del agua

Según Bataller, Cruz, & García (2010), recomienda mantener, un pH bajo y una temperatura del agua superior a la del producto para el tratamiento con ozono en fase acuosa. En general, se propone emplear el agua a temperatura ambiente y mantener el pH del agua procedente del acueducto (pH neutro).

8.9.5. Ventajas de aplicación de ozono

- ✓ **Gran capacidad desinfectante :** Elimina tanto bacterias como hongos y sus esporas. Asegura la destrucción de los numerosos microorganismos, que se encuentran en la superficie de los productos alimenticios.
- ✓ **Alarga la vida útil de los productos:** El ozono actúa en su superficie eliminando o impidiendo la multiplicación de los microorganismos responsables de la putrefacción que, habitualmente, descomponen los alimentos, tanto si se utiliza en el agua de lavado de fruta y verdura, como en tratamientos de aire en salas de manipulación, cámaras y almacenes (CosemarOzono , 2022).
- ✓ **Evita las mermas de peso:** otra ventaja añadida en estos casos la constituye el hecho de que la humedad relativa óptima para la aplicación del ozono está entre el 90 y 95%, por lo que se pueden controlar efectivamente los microorganismos de superficie, evitando su crecimiento, sin que el fruto pierda peso. También a este respecto, las mermas de peso son debidas a la pérdida de agua, consecuencia de la descomposición microbiana de los tejidos, tanto animales como vegetales. Al paralizar el desarrollo de los microbios, las pérdidas de peso pueden verse disminuidas hasta en un 75%. (CosemarOzono , 2022) y Glowacz *et al.* (2015) sugieren que la reducción en la pérdida de peso de frutas podría estar relacionada a la acción del ozono sobre los estomas de la epidermis, provocando una disminución de la porosidad.
- ✓ **No afecta las características organolépticas:** el ozono acentúa y aviva los colores y aromas de los vegetales dándoles mayor vitalidad y mejor presentación (OZONO21, 2007).
- ✓ **Elimina los gases de etileno:** por su acción neutralizante y desodorizante el ozono destruye los gases etilénicos que producen la mayor parte de las especies deteniendo los procesos de putrefacción y maduración (OZONO21, 2007).
- ✓ **Retrasa la maduración:** el ozono retrasa la maduración entre un 20 a 30%, lo que permite prolongar considerablemente el tiempo de almacenaje (OZONO21, 2007).
- ✓ **Su uso está autorizado en presencia de personas y alimentos:** Así como en cámaras frigoríficas, tanto en agua como en aire (CosemarOzono , 2022).
- ✓ **Plazos de seguridad:** Sólo son necesarios en el caso de tratamientos con altas concentraciones del gas. Disuelto en agua no son necesarios plazos de seguridad, ya que se descompone rápidamente sin dejar residuos tóxicos. (CosemarOzono , 2022)

- ✓ **No producen efectos secundarios:** Los tratamientos de desinfección con ozono no producen compuestos secundarios ni incluyen aditivos que resulten perjudiciales para el entorno (CosemarOzono , 2022).
- ✓ Los microorganismos no desarrollan resistencia frente a él.
- ✓ El Ozono necesita un tiempo de contacto muy corto para actuar (5 a 10 segundos).

8.9.6. Desventajas de aplicación de ozono

- ✓ Generación in situ.
- ✓ En presencia de bromatos, aldehídos o cetonas produce subproductos.
- ✓ Requiere una gran cantidad de energía para su producción.
- ✓ Su acción es poco prolongada (Parzanese, 2021).

8.9.7. Aplicación de ozono en fresa

El ozono es un potente desinfectante utilizado desde hace décadas en muy diversos campos, tanto en agua como en aire. Las fresas y demás bayas, por su bajo pH (3-5) y elevado contenido en azúcares, son especialmente sensibles al ataque fúngico. La fresa es uno de los frutos más perecederos dentro del abanico de nuestros productos hortofrutícolas, presentando una alta actividad respiratoria, lo que acelera su degradación durante la conservación (CosemarOzono, 2022).

Según CosemarOzono (2022), menciona que dosis de 0,3 a 0,6 ppm de ozono aplicado en aire, demuestra gran eficacia en la conservación y prolongación de la vida útil de las fresas, impidiendo su enmohecimiento, además de preservar sus características organolépticas (olor, color y sabor) y grado de acidez, previniendo la pérdida de vitamina C en almacenajes de 10 días y según TOPOZONO (2022) menciona que de 0,4 a 0,6 ppm de ozono disuelto en agua ya se considera efectivo para la desinfección.

En cuanto la eficacia del ozono en campo demuestra que plantas de fresas regadas con agua con ozono tienen mayor resistencia a plagas y enfermedades y son más productivas, que originan frutos de mayor calidad y mucho más duraderos una vez recolectados, sin necesidad de aplicar ningún producto químico durante el proceso. (Lopera, 2016) & (CosemarOzono, 2021).

Según (Bataller, Cruz, & García, 2010) menciona que el ozono es el desinfectante más efectivo respecto a otras alternativas debido a su elevado poder oxidante y germicida y su descomposición espontánea a oxígeno, se ha convertido en un agente potencial para garantizar

la seguridad microbiológica y la calidad de los alimentos. Es así que en una empaquetadora industrial de fresas con una amplia distribución en EE. UU., que emplea desde 1998 un sistema de lavado por ducha con agua ozonizada con 3 mg/L, se ha logrado la reducción de mesófilos aerobios, *Echerichia coli*, hongos y mohos, así como prolongar la vida de anaquel de las fresas.

9. HIPÓTESIS

En cuanto al índice de cosecha por color, dosis y etapa de aplicación de ozono

Ho: Los índices de cosecha por color y el uso de diferentes dosis y etapa de aplicación de ozono no influyen en el comportamiento postcosecha de fresa.

Ha: Los índices de cosecha por color y el uso de diferentes dosis y etapa de aplicación de ozono influyen en el comportamiento postcosecha de fresa.

En cuanto a las etapas aplicación y dosis de ozono.

Ho: El uso de diferentes dosis de ozono y etapa de aplicación no disminuida el deterioro microbiano de las fresas.

Ha: El uso de diferentes dosis de ozono y etapa de aplicación disminuida el deterioro microbiano de las fresas.

10. OPERACIONALIZACIÓN DE LAS VARIABLES

10.1. Variable independiente

- Índices de cosecha por color
- Etapas de aplicación de ozono
- Concentración de ozono

10.2. Variable dependiente

- Comportamiento de la fresa

Tabla 5. Operacionalización de variables.

VARIABLE	DIMENSIONES	INDICADOR	UNIDAD DE MEDIDA	INTRUMENTO O METODOLÓGICO	TÉCNICA
Independiente	Índice de Cosecha	Color	Escala colorimétrica	Esquema de índices de madurez con base al color del fruto.	Comparación Registro en libro de campo
	Etapa de aplicación de ozono	Precosecha Poscosecha	Tiempo	Bomba fumigación Generador de ozono	Registro en libro de campo
	Dosis de ozono	0,0 0,3 0,6	ppm	Generador de ozono	Conteo de tiempo
Dependiente	Comportamiento de la fresa	Peso	Gramos (g)	Balanza	Medición
		Firmeza	kg/cm ²	Penetrómetro	Medición
		pH	Escala de acidez 1 – 14	pH metro	Medición
		Sólidos solubles totales	° Brix	Brixómetro	Medición
		Porcentaje de enfermedades	Porcentaje	Observación	Conteo y Observación
		Humedad	Porcentaje	Entufa, balanza	Medición
		Cenizas	Porcentaje	Muflas, balanza	Medición

Elaborado por: Guanoluisa (2021)

11. METODOLOGÍAS Y DISEÑO EXPERIMENTAL

11.1. Características del área de investigación del sitio de producción

La fase de campo se realizó en el cultivo de fresa de la Ing. Ruth Pérez.

Tabla 6. Ubicación del área de estudio.

Provincia:	Tungurahua	
Cantón:	Ambato	
Parroquia:	Huachi Chico	
Barrio:	Huachi Chico	
Longitud:	78°38'30" W	
Latitud:	1°17'39" S	
Altitud:	2861 m.s.n.m	

Fuente: (Google earth, 2022)

Elaborado por: (Guanoluisa, 2022)

11.2. Características del área de investigación en poscosecha

El proyecto de investigación se realizó en el laboratorio de Agronomía de la Facultad de Ciencias Agropecuaria y Recursos Naturales de la Universidad Técnica de Cotopaxi, en el campus CEASA, en el laboratorio de Poscosecha.

Tabla 7. Ubicación de laboratorio.

Provincia:	Cotopaxi	
Cantón:	Latacunga	
Parroquia:	Eloy Alfaro	
Localidad:	Salache (CEYSA)	
Longitud:	78°37'23" W	
Latitud:	0°59'57" S	
Altitud:	2727 m.s.n.m	

Fuente: (Google earth, 2022)

Elaborado por: (Guanoluisa, 2022)

11.3. Modalidad básica de investigación

11.3.1. Investigación de campo

La investigación de campo se realizó en el cantón Ambato de la provincia de Tungurahua, en la parroquia Huachi Chico donde se obtuvo la materia prima (fresa)

11.3.2. De Laboratorio

La investigación se realizó en el laboratorio de Agronomía de la Universidad Técnica de Cotopaxi. La recolección de datos se realizó de acuerdo con los indicadores evaluados, generando un libro de campo en el que se registraron los resultados de cada tratamiento para posterior análisis.

11.3.3. Investigación bibliográfica Documental

La investigación se sustentó en una revisión de bibliografía basada en documentos web, artículos científicos, libros, revistas, diarios y otras publicaciones de investigaciones sobre el tema de estudio para conformar la base de un marco teórico, a la vez explorar los resultados obtenidos e investigaciones previas existentes y para la fundamentación de los resultados alcanzados.

11.4. Tipo de Investigación

11.4.1. Experimental

La investigación fue de tipo experimental, donde se manipularon variables no comprobadas (dosis de ozono; etapa de aplicación y índices de cosecha por color) bajo condiciones controladas con el fin de determinar su efecto sobre los indicadores (características físico-químicas y microbiológicos de la fresa). Este tipo de investigación, permitió recopilar datos para posteriormente analizarlos estadísticamente y cumplir con los objetivos planteados.

11.4.2. Cuantitativa

La investigación fue cuantitativa porque se basó en datos obtenidos durante la investigación para determinar las diferentes propiedades físicas, químicas y microbiológicas que permitieron distinguir cual tratamiento presentó los mejores resultados.

11.5. Técnicas de Investigación

11.5.1. Observación Directa

Mediante esta técnica se observó y evaluó lo que sucedió en cada uno de los tratamientos.

11.5.2. Comparativa

Mediante esta técnica se realizó comparaciones y evaluaciones de la efectividad de cada tratamiento.

11.6. Materiales

11.6.1. Materiales de oficina

- Libro de campo
- Esfero
- Marcadores
- Laptop
- Hojas papel bond A4

11.6.2. Materiales del ensayo

- Material vegetal (fresas)
- Tarrinas ½ litro
- Papel absorbente
- Guantes
- Papel aluminio
- Agua tesalia
- Mandil
- Baldes
- Cartones
- Bomba de fumigar
- Tabla de índices de madurez en base al color

11.6.3. Equipos e instrumentos de laboratorio

- Balanza digital
- pH metro
- Penetrómetro
- Licuadora
- Refractómetro digital
- Muflas
- Estufa
- Crisol
- Cuchillo
- Autoclave
- Generador de ozono de 5g/h modelo QJ-8003K
- Medidor de concentración de ozono en mg/l Palintest modelo PTS-043

11.7. Factores en estudio

Factor A: Índices de cosecha por color (C)

C1: 75 % de color rojo: que corresponde al índice 4

C2: 90 % de color rojo: que corresponde al índice 5

Factor B: Etapa de aplicación (E)

E1: Precosecha

E2: Poscosecha

Factor C: Dosis de ozono (D)

D1: 0 ppm

D2: 0,3 ppm

D3: 0,6 ppm

11.8. Diseño Experimental

Se utilizó un diseño de Bloques Completos al Azar (DBCA) con un arreglo factorial (2x2x3), constituido por 12 tratamientos con 3 repeticiones totalizando así 36 unidades experimentales (UE).

11.9. Tratamientos en estudio

Se evaluó un total de 12 tratamientos por la interacción de cada uno de los factores en estudio.

Tabla 8. Tratamientos en estudio.

Tratamientos		Descripción		
No	Símbolo	Estado de cosecha	Etapas de aplicación	Dosis de ozono
T1	C1E1D1	75 % de color rojo	precosecha	0 ppm
T2	C2E1D1	90 % de color rojo	precosecha	0 ppm
T3	C1E1D2	75 % de color rojo	precosecha	0,3 ppm
T4	C2E1D2	90 % de color rojo	precosecha	0,3 ppm
T5	C1E1D3	75 % de color rojo	precosecha	0,6 ppm
T6	C2E1D3	90 % de color rojo	precosecha	0,6 ppm
T7	C1E2D1	75 % de color rojo	poscosecha	0 ppm
T8	C2E2D1	90 % de color rojo	poscosecha	0 ppm
T9	C1E2D2	75 % de color rojo	poscosecha	0,3 ppm
T10	C2E2D2	90 % de color rojo	poscosecha	0,3 ppm
T11	C1E2D3	75 % de color rojo	poscosecha	0,6 ppm
T12	C2E2D3	90 % de color rojo	poscosecha	0,6 ppm

Elaborado por: (Guanoluisa, 2021)

11.10. Análisis estadístico

En la investigación se utilizó el software estadístico INFOSTAT v 17.0 para la obtención de análisis de varianza y el programa Excel para el análisis de resultados y elaboración de gráficos.

Tabla 9. Esquema del Análisis de Varianza.

FUENTE DE VARIACIÓN	GRADOS DE LIBERTAD	
Total	(t. r)-1	35
Repeticiones	(r -1)	2
Factor a (Índice de cosecha por color)	(a -1)	1
Factor b (Etapa de aplicación)	(b -1)	1
Factor c (Dosis de ozono)	(c -1)	2
Factor a*b	(a-1) -(b-1)	1
Factor a*c	(a-1) -(c-1)	2
Factor b*c	(b-1) -(c-1)	2
Factor a*b*c	(a-1)-(b-1)-(c-1)	2
Error	r*t	22

Elaborado por: (Guanoluisa, 2022)

11.11. Análisis Funcional

Se realizó una Prueba de significancia Tukey ($\alpha = 0,05$) para los tratamientos y factores en estudio que presenten significancia estadística.

11.12. Características de la unidad experimental

La unidad experimental son 50 fresas por repetición, con un total de 150 unidades en cada tratamiento.

Descripción	No frutos
Número de unidades experimentales	36
Numero de envases por cada unidad experimental	10
Numero de fruto por cada envase	5
Número de frutos total por unidad experimental	50
Número de frutos total	1800

11.13. Manejo específico del ensayo

11.13.1. Delimitación del área de ensayo

El ensayo se estableció en una parcela de 3000 m², el cultivo fresa fue establecido hace 4 años, el terreno cuenta con 57 camas de 19.50 m de largo x 0,45 m de ancho y 0,35 m de camino en el cual se procedió a diseñar los bloques para la aplicación del ozono en la etapa precosecha de acuerdo a las dosis establecidas como se indica en la figura 1.

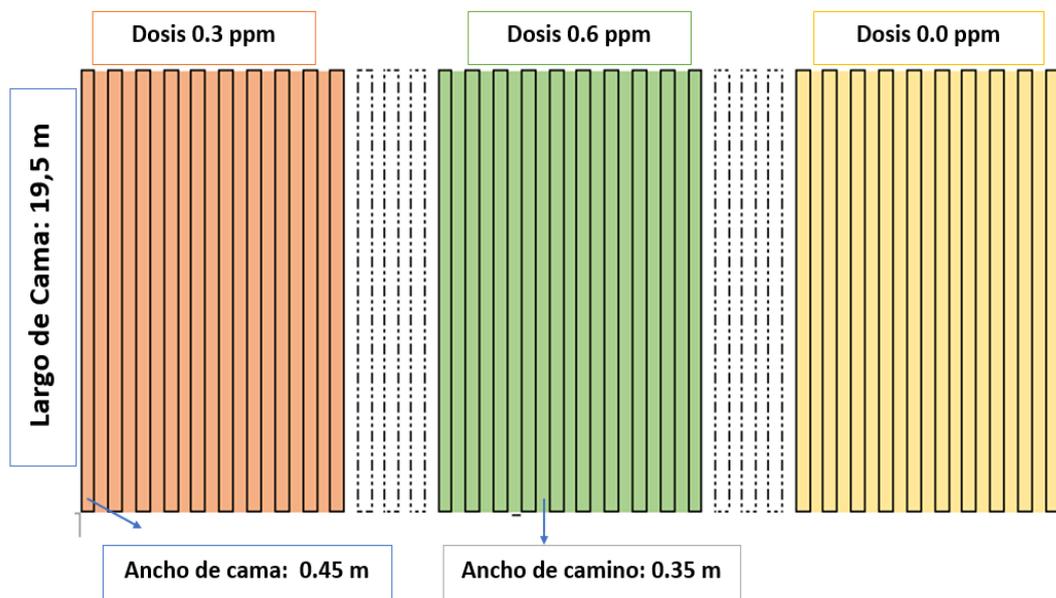
11.13.2. Preparación de las dosis de ozono

Para la preparación del agua ozonificada, se procedió a utilizar una máquina generadora de ozono de 5g/h modelo QJ-8003K, un medidor de concentración de ozono en mg/l demarca Palintest modelo PTS-043 y agua tesalia. Para la comprobación y medición de la dosis se procedió con la trituración de una tableta Palintest y se colocó en el frasco de muestra con agua.

11.13.3. Aplicación de los tratamientos con ozono en precosecha

La aplicación se realizó con el uso de una bomba mochila de fumigar de 20 litros a todos los frutos de fresas en sus diferentes estados fenológicos por cada cama. La aplicación de ozono por cada dosis se realizó en 10 camas y se separó cada 3 camas para evitar problemas de contaminación y mezcla con las otras dosis, como se indica en la figura 2.

Figura 2. Esquema de las aplicaciones del ozono por dosis



Elaborado por: (Guanoluisa, 2021)

11.13.4. Cosecha de frutos de fresa para la etapa de precosecha

La recolección de los frutos se realizó al siguiente día de la aplicación de los tratamientos, en base a los índices de color seleccionados para el estudio, libre de daños y de presencia de plagas y enfermedades. Para la recolección se utilizó baldes de plástico, se empacó en cartones para el transporte y se etiquetó de acuerdo a las dosis y al índice de color para evitar confusiones, posteriormente fueron trasladados al Laboratorio de Agronomía de la Universidad Técnica de Cotopaxi.

Una vez en laboratorio se procedió a clasificar las fresas de acuerdo al índice de color, a las dosis de aplicación de ozono, libre de daños mecánicos y presencia de plagas y enfermedades para evitar la contaminación de los demás frutos, adicional se consideró un mismo calibre en cada uno de los índices para mantener la uniformidad en el ensayo.

11.13.5. Cosecha de frutos de fresa para la etapa de poscosecha

Para la etapa de poscosecha se cosechó frutos de fresas sin aplicación en campo, de la misma manera se procedió a clasificar por el índice de color y se las traslado al Laboratorio de Agronomía, una vez clasificados se procedió aplicar el agua ozonificada por medio de una Bomba de fumigar de acuerdo a las dosis propuestas.

11.13.6. Envasado

Una vez clasificados los frutos, se procedió a envasar en recipientes plástico esterilizados para la conservación del fruto. Cada envase contuvo 5 fresas y por cada unidad experimental se colocó diez envases de las cuales 5 fueron utilizadas para análisis destructivos y 5 para análisis no destructivos para evaluar e identificar anomalías y novedades presentes en el lapso de lo que dure el experimento.

11.13.7. Almacenamiento

Los envases se almacenaron sobre un mesón, a temperatura ambiente de laboratorio, con su respectiva etiqueta, previo a la instalación se realizó una limpieza total del área del estudio.

11.14. Fase de laboratorio e indicadores a evaluar

11.14.1. Incidencia de plagas y enfermedades

Se determino mediante la cantidad de frutos dañados los datos se registraron diariamente en el libro de campo. El ensayo duro hasta que todos los frutos se dañaron. Para este dato se evaluaron 25 fresas por cada unidad experimental de los cuales se calculó un porcentaje de daño.

$$\% \text{ incidencia de fisiopatía} = \frac{\text{número de frutos enfermos}}{\text{numero de frutos}} * 100$$

Fuente: (AOAC, 2000)

11.14.2. Porcentaje de peso

Para la evaluación de pérdida de peso se tomó como peso inicial, el peso de la tarrina con fresas al comienzo de la investigación, y diariamente se registró el peso de cinco tarrinas con fresas por cada unidad experimental mediante el uso de una balanza, por 5 días. La pérdida de peso se calculó según la ecuación :

$$\% \text{ Pérdida de peso} = \frac{P_i - P_f}{P_i} \times 100$$

Fuente: (Guedes, 2012)

Donde:

Pi: Peso inicial (g)

Pf: Peso en cada día de evaluación (g)

11.14.3. Firmeza

Para este análisis se tomó 1 fruto por cada unidad experimental para medir la firmeza, se utilizó un penetrómetro y posteriormente los datos se registraron diariamente por el lapso de 5 días en el libro de campo. Este dato se expresó en (kg/cm₂).

11.14.4. pH

Para ello se utilizó 3 frutos por cada unidad experimental, se procedió a licuarlo y obtener el zumo del mismo para introducir el pH-metro, y se registró el valor que marcó el instrumento en el libro de campo cada día por el lapso de 5 días.

11.14.5. Sólidos solubles totales (SST)

Para el contenido de sólidos solubles, se utilizó el zumo de la fruta y un refractómetro, posteriormente los datos se registraron diariamente por el lapso de 5 días en el libro de campo. El zumo obtenido de la muestra fue de 3 frutos, por repetición. Este dato se expresó en ° Brix.

11.14.6. Humedad

Se determinó por la técnica de secado en estufa; este método se basa en la evaporación del agua de la muestra mediante un calentamiento. Para ello se colocó 15 gramos de muestra de fresas en un recipiente de aluminio tarado y se introdujo en una estufa por 48 horas a una temperatura de 62°C. Una vez evaporada el agua, se determinó el peso de la muestra y por diferencia de peso se determinó el contenido de humedad. Se realizó dos tomas de datos una inicial y la segunda después de tres días. El porcentaje de humedad se calculó mediante la siguiente ecuación:

$$\% \text{ humedad de muestra} = \frac{\text{Peso de agua evaporada}}{\text{Peso de muestra humeda}} * 100\%$$

Fuente: (AOAC, 2000)

11.14.7. Determinación de Cenizas

La técnica para determinación de cenizas fue mediante la incineración de una porción de muestra exactamente pesada en un crisol de porcelana y se introdujo en una mufla a una temperatura de 550 °C durante 3 horas. Posteriormente, se enfrió en un desecador hasta obtener una temperatura contante, y se pesó los crisoles con las muestras incineradas. Se realizó dos tomas de datos una inicial y la segunda después de tres días. El porcentaje de cenizas se calculó mediante la siguiente ecuación:

$$\% \text{ de cenizas en base seca} = \frac{\text{Peso de cenizas}}{\text{Peso de la muestra}} * 100$$

Fuente: (AOAC, 2000)

12. ANÁLISIS Y DISCUSION DE LOS RESULTADOS

12.1. INCIDENCIA DE FISIOPATÍAS, PLAGAS Y ENFERMEDADES (%)

12.1.1. Análisis de varianza

De acuerdo a los resultados obtenidos luego de aplicar el análisis de varianza ADEVA para la variable de incidencia de plagas y enfermedades, se observó en la tabla 10 que en el primer día existió significancia estadística para las fuentes de variación índice, etapa, dosis y las interacciones índices*etapa, índices*dosis, etapa*dosis y índice*etapa*dosis las otras fuentes de variación no tuvieron significancia estadística, se obtuvo un coeficiente de variación de 19,15 % con un promedio de 31,78%.

En el segundo día existió significancia estadística para las fuentes de variación índice, etapa, dosis y la interacción etapa*dosis, las demás fuentes de variación no tuvieron significancia estadística, y alcanzo un coeficiente de variación de 19,16 % con un promedio de 55,78 %.

Para el tercer día existió significancia estadística para las fuentes de variación índice, etapa, dosis y las interacciones índice*etapa y etapa*dosis, las demás fuentes de variación no tuvieron significancia estadística, y alcanzaron un coeficiente de variación de 11,46 % con un promedio de 75,56 %.

En el cuarto día la significancia estadística fue para las fuentes de variación índice, etapa, dosis y las interacciones índices*etapa, índices*dosis y etapa*dosis, las otras fuentes de variación no tuvieron significancia estadística, se obtuvo un coeficiente de variación de 7,75 % con un promedio de 87,67 %.

En el quinto día se evidenció significancia estadística para las fuentes de variación repetición, índice, etapa, dosis y las interacciones índices*etapa, índice*dosis, etapa*dosis y índice*etapa*dosis, se obtuvo un coeficiente de variación de 2,03 % con un promedio de 96,44%. En el sexto y séptimo día no existió significancia estadística y se obtuvo un coeficiente de variación de 1,77 y 0 %, respectivamente con promedios de 99,56 y 100%. Por lo tanto, se acepta la hipótesis alternativa

Tabla 10. Análisis de varianza (ADEVA) para incidencia de plagas y enfermedades (%) en la evaluación de ozono en fresas.

F.V.	gl	Día 1		Día 2		Día 3		Día 4		Día 5		Día 6		Día 7	
		p-valor	sig.												
Repetición	2	0,798	ns	0,6823	ns	0,6887	ns	0,8185	ns	0,0268	*	0,384	ns	sd	ns
Índice (A)	1	<0,0001	*	<0,0001	*	<0,0001	*	<0,0001	*	<0,0001	*	0,1448	ns	sd	ns
Etapa (B)	1	<0,0001	*	<0,0001	*	<0,0001	*	<0,0001	*	<0,0001	*	0,1448	ns	sd	ns
Dosis (C)	2	<0,0001	*	0,0001	*	<0,0001	*	<0,0001	*	<0,0001	*	0,1253	ns	sd	ns
Índice*Etapa (A*B)	1	<0,0001	*	0,8053	ns	0,0018	*	0,0001	*	<0,0001	*	0,1448	ns	sd	ns
Índice*Dosis (A*C)	2	0,0021	*	0,7247	ns	0,9824	ns	0,0225	*	<0,0001	*	0,1253	ns	sd	ns
Etapa*Dosis (B*C)	2	<0,0001	*	<0,0001	*	<0,0001	*	0,0002	*	<0,0001	*	0,1253	ns	sd	ns
Índice*Etapa*Dosis (A*B*C)	2	0,0042	*	0,3119	ns	0,3961	ns	0,1985	ns	<0,0001	*	0,1253	ns	sd	ns
Error	22														
Total	35														
CV (%)		19,15		19,16		11,46		7,75		2,03		1,77		0	
Promedio		31,78		55,78		75,56		87,67		96,44		99,56		100	

• CV= coeficiente de variación

ns = no significativo

* = diferencias significativas al 5%

12.1.2. Prueba de Tukey para Factor A en la variable incidencia de fisiopatías.

En la tabla 11 se presentó los promedios y rangos obtenidos por cada índice de color. En el primer, segundo, tercer, cuarto y quinto día se presentó dos rangos de significación, En el rango “A” se ubicó C1 (75 % rojo) el cual mostro menor incidencia con promedios de 20,89 ; 45,78 ; 66,89 ; 81,33 y 93,33%, respectivamente, mientras que C2 (90% rojo) se presentó en el rango “B” con promedios de 42,67 ; 65,78 ; 84,22 ; 94 y 99,56 % respectivamente.

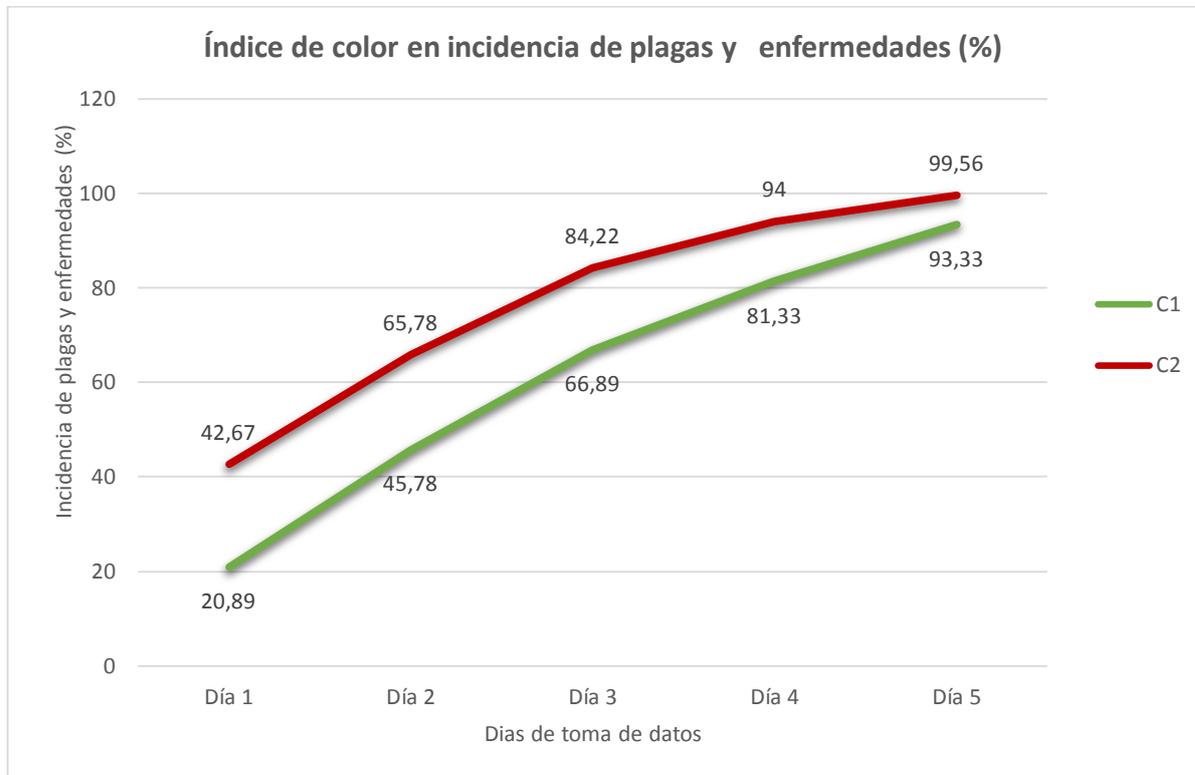
La pudrición fúngica fue el principal contribuyente a la pérdida de calidad de la fresa y se encontró una variación considerable en el porcentaje de pudrición de la fruta debido a los índices de cosechas. Estos resultados son similares a los encontrados por (Moshiur, Moniruzzaman, Ahmad, Sarker, & Khurshid, 2016) en donde observo que el estado (2/3 de color rojo) mostro un rango de descomposición de 3 a 74,0 % durante el día 1 al día 4, mientras que la fruta completamente madura (100% rojo) a temperatura ambiente mostró un rango de 15,20 % en día 1 y 99,40 % en el día 4. Esto debido a que una fruta de fresa cosechada en plena maduración y mantenida a temperatura ambiente, se deteriora en un 80% en sólo 8 horas (Casaca, 2005). Es por esto que el índice C2 (90% rojo) mostro mayor porcentaje de incidencia de fisiopatías.

Tabla 11. Prueba de Tukey al 5% para el Factor A (Índice de cosecha por color) en la variable incidencia de plagas y enfermedades (%).

Índice	Día 1		Día 2		Día 3		Día 4		Día 5	
	Medias (%)	Rangos								
C1: 75 % rojo	20,89	A	45,78	A	66,89	A	81,33	A	93,33	A
C2: 90 % rojo	42,67	B	65,78	B	84,22	B	94	B	99,56	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Figura 3. Comparación de medias entre el Factor A (Índice de cosecha por color) en la variable de incidencia de plagas y enfermedades (%).



Elaborado por: (Guanoluisa, 2022)

12.1.3. Prueba de Tukey para Factor B en la variable incidencia de fisiopatías.

En la tabla 12 se presentó los promedios y rangos obtenidos por cada etapa de aplicación. En el primer, segundo, tercer, cuarto y quinto día se presentó dos rangos de significación, donde E1 (precosecha) mostro menor incidencia de plagas y enfermedades con promedios de 21,78 ; 37,56 ; 57,33 ; 77,78 y 93,11 % respectivamente, ubicándose en el rango “A”, mientras que el E2 (poscosecha) se presentó en el rango “B” con promedios de 41,78 ; 74 ; 93,78 ; 97,56 y 99,78 % respectivamente.

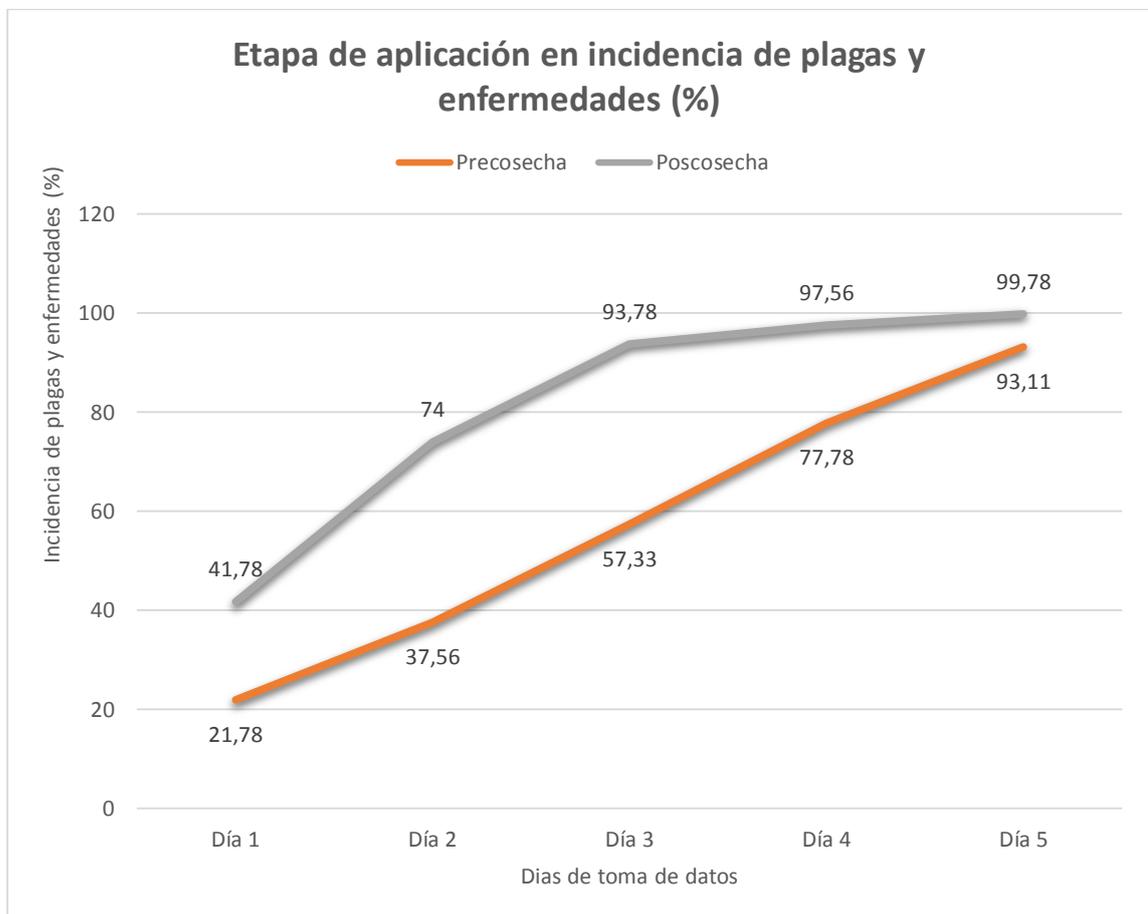
La pérdida en etapa E2 (poscosecha) se debió al contacto directo del agua ozonificada con el fruto según un grupo de investigación de la Universidad de Córdoba (2021) menciona que un exceso de humedad del fruto por contacto con el agua puede ocasionar la proliferación de mohos causantes de la podredumbre del fruto.

Tabla 12. Prueba de Tukey al 5% para el Factor B (Etapa de aplicación) en la variable incidencia de plagas y enfermedades (%).

Etapa	Día 1		Día 2		Día 3		Día 4		Día 5	
	Medias (%)	Rangos								
E1:										
Precosecha	21,78	A	37,56	A	57,33	A	77,78	A	93,11	A
E2:										
Poscosecha	41,78	B	74	B	93,78	B	97,56	B	99,78	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Figura 4. Comparación de medias entre el Factor B (Etapa de aplicación) en la variable incidencia de plagas y enfermedades (%).



Elaborado por: (Guanoluisa, 2022)

12.1.4. Prueba de Tukey para Factor C en la variable incidencia de fisiopatías.

En la tabla 13 se observa los promedios y rangos obtenidos por cada dosis de ozono. En el primer día se presentó dos rangos de significación. En el rango “A” se encontró D2 (0,3 ppm) el cual mostro menor incidencia de plagas y enfermedades con un promedio de 24 %, mientras

que en el rango “B” se ubicó D3 (0,6 ppm) y D1 (0 ppm) con promedios de 32,67 y 38,67 % respectivamente.

Para el segundo y tercer día se presentó dos rangos de significación. En el rango “A” se encontró D3 (0,6 ppm) con promedios de 48,67 y 67,33 y D2 (0,3 ppm) con promedios de 48,67 y 68,33 % respectivamente, mientras que en el rango “B” se ubicó D1 (0 ppm) con promedios de 70 y 91 %.

En el cuarto día se presentó tres rangos de significación. En el rango “A” se encontró D3 (0,6 ppm) con un promedio de 78,67 %, mientras que en el rango “B” se ubicó D2 (0,3 ppm) con un promedio de 86,67 % y en el rango “C” se ubicó D1 (0 ppm) con un promedio de 97,67 %.

En el quinto día se presentó dos rangos de significación. En el rango “A” se encontró D3 (0,6 ppm) con un promedio de 91,67 %, mientras que en el rango “B” se ubicó D2 (0,3 ppm) y D1 (0 ppm) con promedios de 98,33 y 99,33%, respectivamente.

Lo que prueba que la desinfección realizada con las dos concentraciones de ozono sirvió para retardar el ataque de algún tipo de fisiopatías o enfermedad, ya que el testigo fue quien registro una perdida acelerada de frutos.

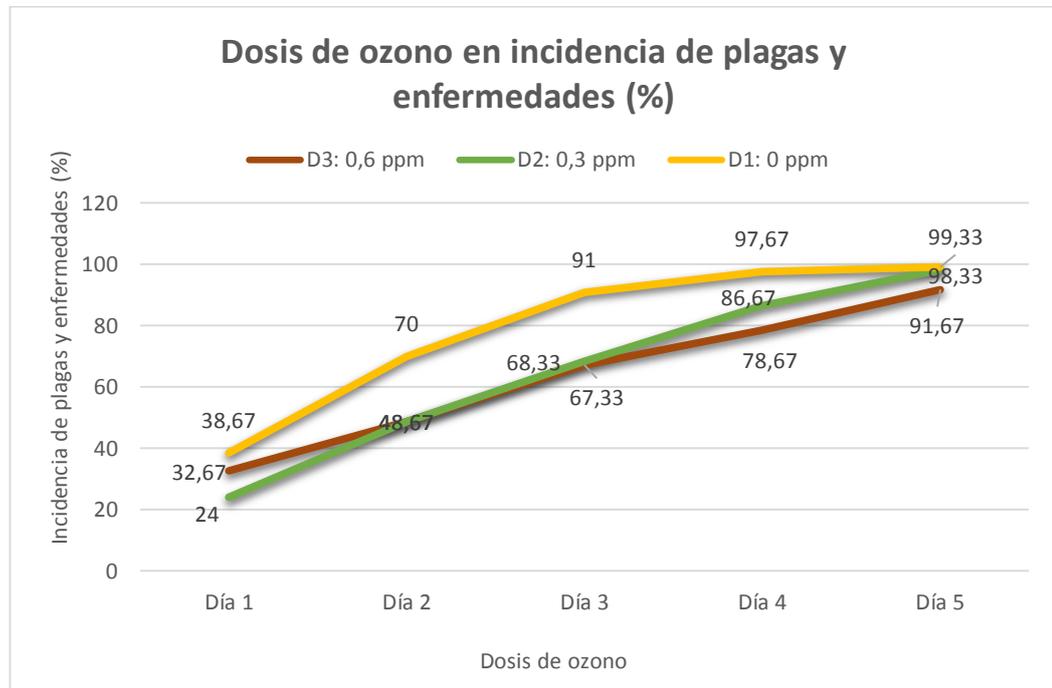
Esto debido al modo de acción del ozono según (Perez, 2022) la naturaleza oxidativa del ozono interfiere con la síntesis de proteínas y la actividad enzimática de la célula microbiana y conduce a la producción de radicales libres que rompen la membrana celular y conducen a la lisis de la célula microbiana.

Tabla 13. Prueba de Tukey al 5% para el Factor C (Dosis de ozono) en la variable incidencia de plagas y enfermedades (%).

Dosis	Día 1		Día 2		Día 3		Día 4		Día 5	
	Medias (%)	Rango	Medias (%)	Rango	Medias (%)	Rango	Medias (%)	Rango	Medias (%)	Rango
D2: 0,3 ppm	24	A	D3 48,67	A	D3 67,33	A	D3 78,67	A	D3 91,67	A
D3: 0,6 ppm	32,67	B	D2 48,67	A	D2 68,33	A	D2 86,67	B	D2 98,33	B
D1: 0 ppm	38,67	B	D1 70	B	D1 91	B	D1 97,67	C	D1 99,33	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Figura 5. Comparación de medias entre el Factor C (Dosis de ozono) en la variable incidencia de plagas y enfermedades (%).



Elaborado por: (Guanoluisa, 2022)

12.1.5. Prueba de Tukey para Factor AxB en la variable incidencia de fisiopatías.

En la tabla 14 se observa los promedios y rangos obtenidos de las interacciones de índice de color por etapa de aplicación de ozono. En el primer día existió tres rangos de significación. En el primer rango “A” se encontró C1E1 (75 % rojo* precosecha) el cual mostro menor incidencia de plagas y enfermedades con un promedio de 16 %, mientras que en el último rango “C” se ubicó C2E2 (90 % Rojo * poscosecha) con promedio de 57,78%.

Para el segundo día existió cuatro rangos de significación. En el primer rango “A” se encontró C1E1 (75 % rojo* precosecha) el cual mostro menor incidencia de plagas y enfermedades con un promedio de 27,11 %, mientras que en el último rango “D” se ubicó C2E2 (90 % rojo *poscosecha) con promedio de 83,56%.

En el tercer día existió tres rangos de significación. En el primer rango “A” se encontró C1E1 (75% rojo* precosecha) con un promedio de 43,56 %, y en último rango “C” se ubicó C2E1 (90% rojo* precosecha) y C2E2 (90% rojo *poscosecha) con promedios de 90,22 y 97,33%, respectivamente.

En el cuarto día existió cuatro rangos de significación. En el primer rango “A” se encontró C1E1 (75% rojo* precosecha) con un promedio de 43,56 %, mientras que en el último rango “C” se ubicó el C2E2 (90% rojo *poscosecha) con un promedio 98,67 %.

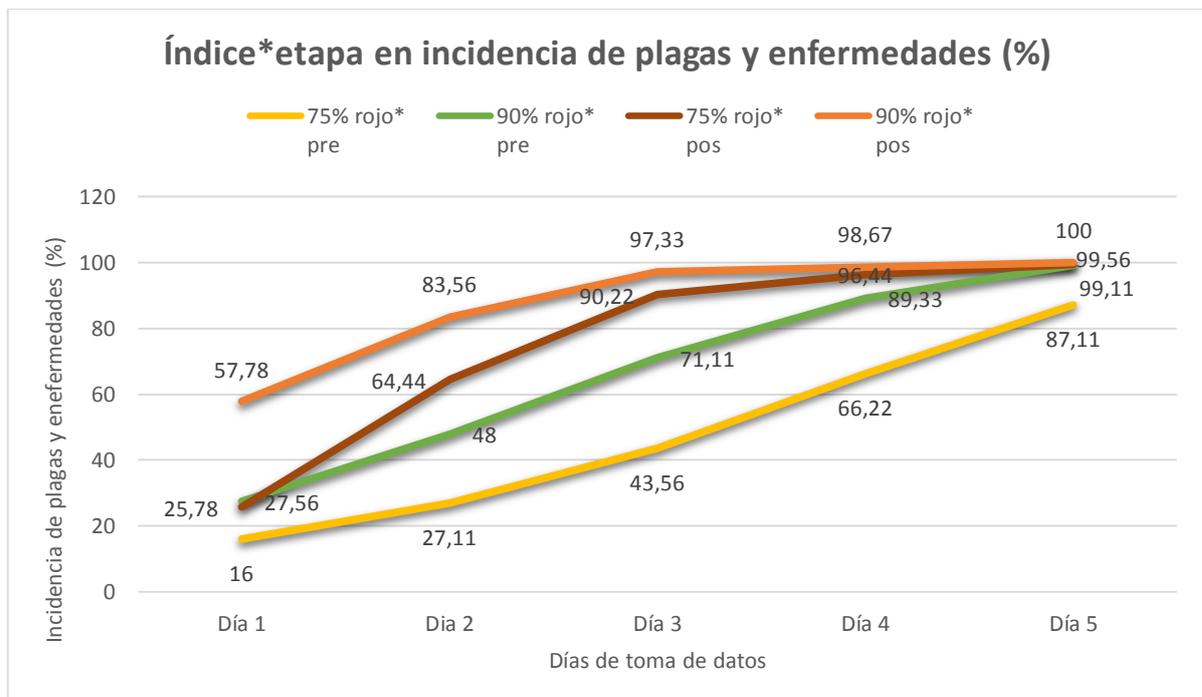
En el quinto día existió dos rangos de significación. En el primer rango “A” se encontró C1E1 (75% rojo* precosecha) con un promedio de 87,11 %, las demás interacciones ocuparon rangos inferiores debido a que mostraron mayor incidencia de plagas y enfermedades, ratificando lo indicado anteriormente.

Tabla 14. Prueba de Tukey al 5% para la interacción del Factor A (Índice de cosecha por color) x Factor B (Etapa de aplicación) en la variable incidencia de plagas y enfermedades (%).

	Día 1		Día 2		Día 3		Día 4		Día 5		
AXB	Medias (%)	Rango	AXB	Medias (%)	Rango						
C1E1	16	A	C1E1	27,11	A	43,56	A	66,22	A	87,11	A
C1E2	25,78	B	C2E1	48	B	71,11	B	89,33	B	99,11	B
C2E1	27,56	B	C1E2	64,44	C	90,22	C	96,44	B C	99,56	B
C2E2	57,78	C	C2E2	83,56	D	97,33	C	98,67	C	100	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Figura 6. Interacción del Factor A (Índice de cosecha por color) x Factor B (Etapa de aplicación) en la variable incidencia de plagas y enfermedades (%).



Elaborado por: (Guanoluisa, 2022)

12.1.6. Prueba de Tukey para Factor AxC en la variable incidencia de fisiopatías.

En la tabla 15 se observa los promedios y rangos obtenidos de las interacciones de índice de color por dosis de ozono. En el primer día existió cinco rangos de significación. En el primer rango “A” se encontró C1D2 (75% rojo* 0,3 ppm) el cual mostro menor incidencia de plagas y enfermedades con un promedio de 15,33 %, mientras que en el último rango “D” se ubicó C2D3 (90% rojo * 0,6 ppm) con un promedio de 55,33%.

Para el cuarto día existió cuatro rangos de significación. En el primer rango “A” se encontró C1D3 (75% rojo* 0,6 ppm) el cual mostro menor incidencia de plagas y enfermedades con un promedio de 68 %, mientras que en el último rango “C” se ubicaron C1D1 (75% rojo*0 ppm) y C2D1 (90% rojo *0 ppm) con promedios de 95,33 y 100%, respectivamente.

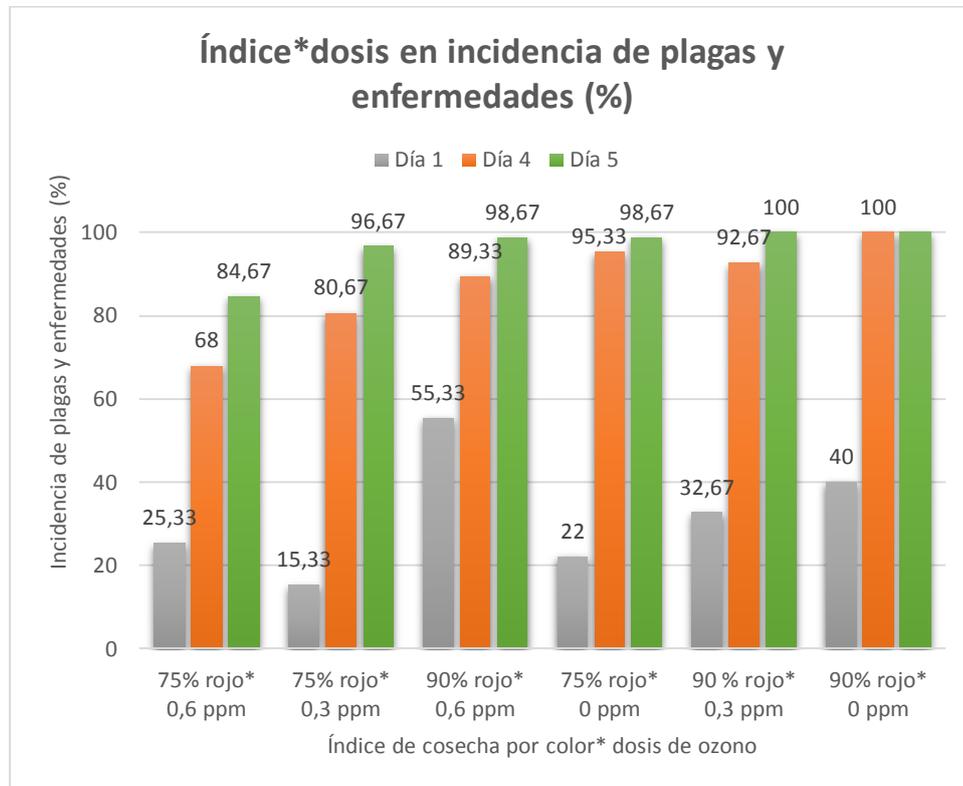
En el quinto día existió dos rangos de significación. En el primer rango “A” se encontró C1D3 (75% rojo* 0,6 ppm) con un promedio de 84,67 %, las demás interacciones ocuparon rangos inferiores debido a que mostraron mayor incidencia de plagas y enfermedades, ratificando lo indicado por (Perez, 2022)

Tabla 15. Prueba de Tukey al 5% para la interacción del Factor A (Índice de cosecha por color) x Factor C (Dosis de ozono) en la variable incidencia de plagas y enfermedades (%).

Índice*dosis	Día 1			Día 4			Día 5		
	Medias (%)	Rangos	AxC	Medias (%)	Rangos	AxC	Medias (%)	Rangos	
C1D2	15,33	A	C1D3	68	A	C1D3	84,67	A	
C1D1	22	A B	C1D2	80,67	B	C1D2	96,67	B	
C1D3	25,33	A B	C2D3	89,33	B C	C2D3	98,67	B	
C2D2	32,67	B C	C2D2	92,67	B C	C1D1	98,67	B	
C2D1	40	C	C1D1	95,33	C	C2D2	100	B	
C2D3	55,33	D	C2D1	100	C	C2C1	100	B	

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Figura 7. Interacción del Factor A (Índice de cosecha por color) x Factor C (Dosis de ozono) en la variable incidencia de plagas y enfermedades (%).



Elaborado por: (Guanoluisa, 2022)

12.1.7. Prueba de Tukey para Factor BxC en la variable incidencia de fisiopatías.

En la tabla 16 se observa los promedios y rangos obtenidos de las interacciones de Etapa de aplicación por dosis de ozono. En el primer día existió cuatro rangos de significación. Donde el primer rango de significación “A” oscila promedios que van desde 4 hasta 5,33%, E1D2 (precosecha * 0,3 ppm) mostro menor incidencia de plagas y enfermedades con un promedio de 4 %.

Para el segundo, tercer, cuarto y quinto día, se ubicó en primer lugar en el rango “A” E1D3 (precosecha * 0,6 ppm) con un promedio de 17,33; 40 ; 62 ; 84%, las demás interacciones ocuparon rangos inferiores debido a que mostraron mayor incidencia de plagas y enfermedades.

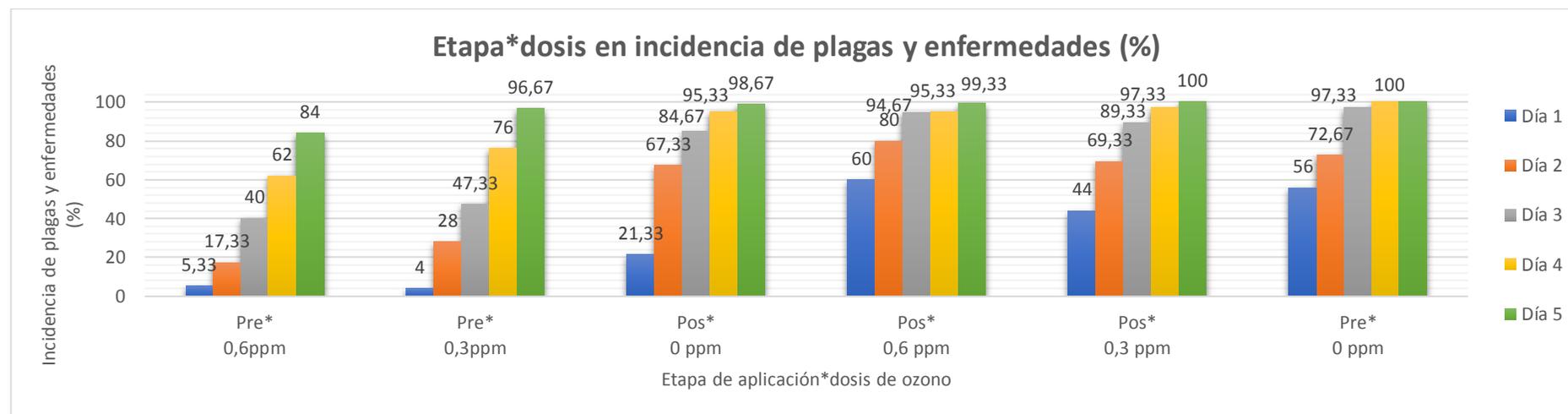
Por ende, se puede concluir que la efectividad de la aplicación de ozono en solución acuosa para reducir la descomposición y mantener la calidad de las frutas depende de su dosis y etapa de aplicación, ratificando lo mencionado anteriormente.

Tabla 16. Prueba de Tukey al 5% para la interacción del Factor B (Etapa de aplicación) x Factor C (Dosis de ozono) en incidencia de plagas y enfermedades (%).

Día 1			Día 2			Día 3			Día 4			Día 5		
Etapa*dosis	Medias (%)	Rango												
E1D2	4	A	E1D3	17,33	A	E1D3	40	A	E1D3	62	A	E1D3	84	A
E1D3	5,33	A	E1D2	28	A	E1D2	47,33	A	E1D2	76	B	E1D2	96,67	B
E2D1	21,33	B	E1D1	67,33	B	E1D1	84,67	B	E1D1	95,33	C	E1D1	98,67	B
E2D2	44	C	E2D2	69,33	B	E2D2	89,33	B	E2D3	95,33	C	E2D3	99,33	B
E1D1	56	D	E2D1	72,67	B	E2D3	94,67	B	E2D2	97,33	C	E2D2	100	B
E2D3	60	D	E2D3	80	B	E2D1	97,33	B	E2D1	100	C	E2D1	100	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Figura 8. Interacción del Factor B (Etapa de aplicación) x Factor C (Dosis de ozono) en incidencia de plagas y enfermedades (%).



Elaborado por: (Guanoluisa, 2022)

12.1.8. Prueba de Tukey para Factor AxBxC en la variable incidencia de fisiopatías.

La interacción del factor A*B*C (índice * etapa * dosis) de la tabla 17 refleja que existe significación estadística en el variable de incidencia de plagas y enfermedades. En el primer y quinto día C1E1D3 (75% rojo* precosecha * 0.6 ppm) mostro menor incidencia de plagas y enfermedades con promedios de 2,76 y 70,67 %, respectivamente, ocupando el primer rango de significación “A”. Los demás tratamientos ocuparon rangos inferiores debido a que mostraron mayor incidencia durante el tiempo que se llevó la investigación, ratificando lo indicado anteriormente.

Tabla 17. Prueba de Tukey al 5% para la interacción del Factor A (Índice de cosecha por color) x Factor B (Etapa de aplicación) x Factor C (Dosis de ozono) en incidencia de plagas y enfermedades (%).

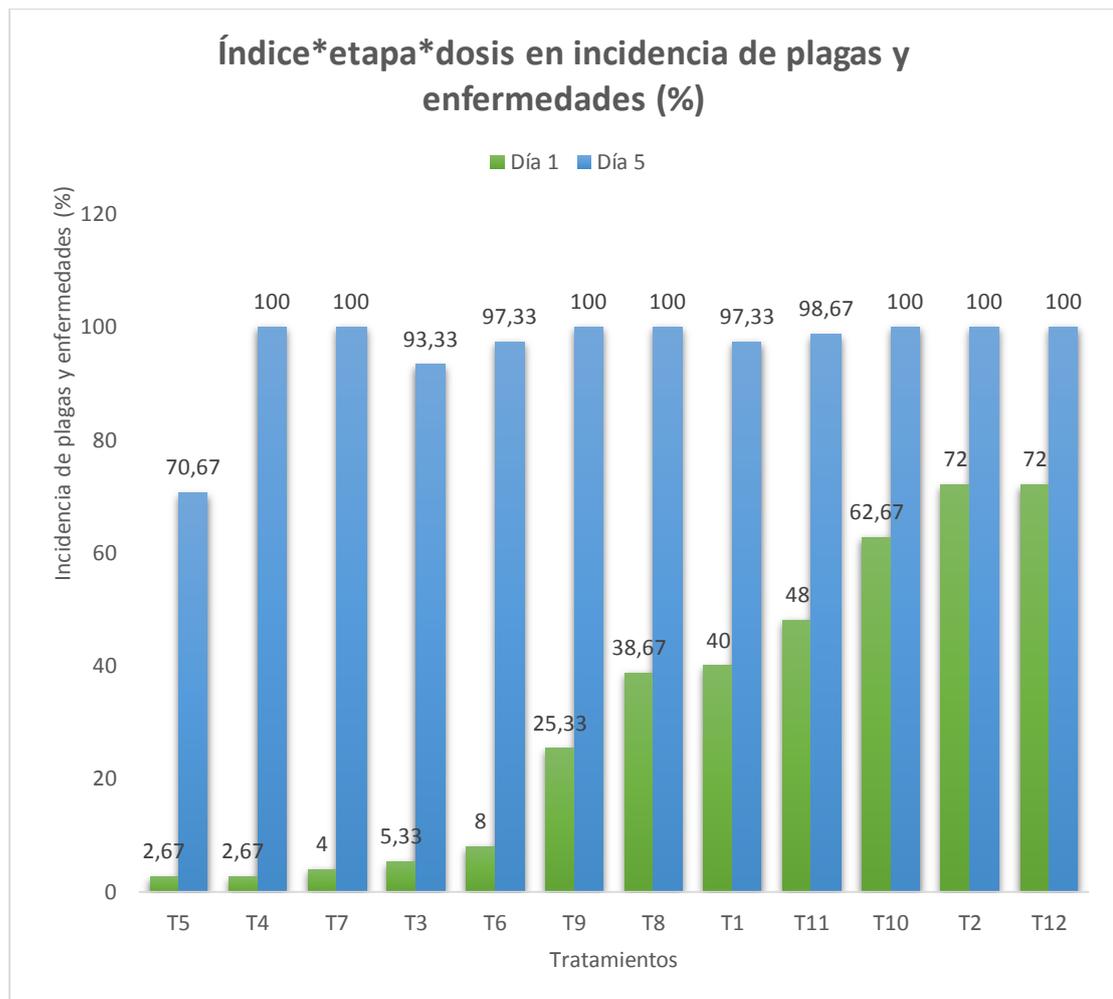
AxBxC	Día 1			Día 5		
	Medias	Rango		AxBxC	Medias	Rango
C1E1D3	2,67	A		C1E1D3	70,67	A
C2E1D2	2,67	A		C1E1D2	93,33	B
C1E2D1	4	A		C2E1D3	97,33	B C
C1E1D2	5,33	A		C1E1D1	97,33	B C
C2E1D3	8	A	B	C1E2D3	98,67	B C
C1E2D2	25,33	B	C	C2E2D1	100	C
C2E2D1	38,67	C	D	C2E2D2	100	C
C1E1D1	40	C	D	C2E2D3	100	C
C1E2D3	48	D	E	C1E2D1	100	C
C2E2D2	62,67	E	F	C1E2D2	100	C
C2E1D1	72	F		C2E1D1	100	C
C2E2D3	72	F		C2E1D2	100	C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

En la figura 9 observamos que el tratamiento 5 (C1E1D3: 75% rojo* precosecha * 0.6 ppm) ocupa los promedios más bajos, sobresaliendo de los demás tratamientos con un valor de 70,67 % en el último día, mientras que el tratamiento 12 (C2E2D3: 90% rojo * poscosecha * 0,6ppm) registro los valores más altos con un valor de 100 % en el último día de la investigación. Donde

claramente se ve reflejada que existió diferencia significativa en la variable de incidencia de fisiopatías, plagas y enfermedades sobre los índices de cosecha, etapa de aplicación y dosis de ozono llegando a si a afirmar la hipótesis alternativa.

Figura 9. Interacción del Factor A (Índice de cosecha por color) x Factor B (Etapa de aplicación) x Factor C (Dosis de ozono) en incidencia de plagas y enfermedades (%).



Elaborado por: (Guanoluisa, 2022)

12.2. PÉRDIDA DE PESO (%)

12.2.1. Análisis de varianza

De acuerdo a los resultados obtenidos luego de aplicar el análisis de varianza ADEVA para la variable pérdida de peso, se observó en la tabla 18 que en el primer día existió significancia estadística para las fuentes de variación etapa, dosis y las interacciones índices*dosis y etapa*dosis, las otras fuentes de variación no tuvieron significancia estadística, se obtuvo un coeficiente de variación de 19,24 % con un promedio de 0,56%.

En el segundo y tercer día existió significancia estadística para las fuentes de variación índice, etapa, dosis y las interacciones etapa*dosis y índice*etapa*dosis las otras fuentes de variación no tuvieron significancia estadística, y alcanzo un coeficiente de variación de 14,59 % y 16,86 % con promedios de 1,37 y 2,02 % respectivamente.

Para el cuarto día la significancia estadística fue para las fuentes de variación etapa, dosis y las interacciones índices*dosis, etapa*dosis y índice*etapa*dosis las otras fuentes de variación no tuvieron significancia estadística, se obtuvo un coeficiente de variación de 18,32 % con un promedio de 2,89 %.

Y para el quinto día existió significancia estadística para las fuentes de variación etapa, dosis y la interacción etapa*dosis las otras fuentes de variación no tuvieron significancia estadística, se obtuvo un coeficiente de variación de 19,91 % con un promedio de 3,73%, demostrando así la una decadencia de peso debido a que con el paso de los días la fresa ha entrado en un proceso de deshidratación perdiendo una cantidad considerable de agua.

Tabla 18. Análisis de varianza (ADEVA) para pérdida de peso (%) en la evaluación de ozono en fresas.

F.V.	Día 1			Día 2			Día 3			Día 4			Día 5		
	gl	p-valor	sig.	p-valor	sig.	p-valor	sig.	p-valor	sig.	p-valor	sig.	p-valor	sig.		
Repetición	2	0,5984	ns	0,23	ns	0,3463	ns	0,1995	ns	0,2201	ns				
Índice (A)	1	0,0514	ns	0,0006	*	0,0128	*	0,1179	ns	0,2612	ns				
Etapa (B)	1	<0,0001	*	<0,0001	*	<0,0001	*	<0,0001	*	<0,0001	*				
Dosis (C)	2	<0,0001	*	<0,0001	*	<0,0001	*	<0,0001	*	<0,0001	*				
Índice*Etapa (A*B)	1	0,5251	ns	0,4899	ns	0,4257	ns	0,576	ns	0,6935	ns				
Índice*Dosis (A*C)	2	0,0024	*	0,2874	ns	0,538	ns	0,0211	*	0,1331	ns				
Etapa*Dosis (B*C)	2	0,0006	*	0,001	*	0,0002	*	0,0001	*	0,0002	*				
Índice*Etapa*Dosis (A*B*C)	2	0,2381	ns	0,0001	*	0,0026	*	0,0152	*	0,0777	ns				
Error	22														
Total	35														
CV (%)		19,24		14,59		16,86		18,32		19,91					
Promedio		0,56		1,37		2,02		2,89		3,73					

• CV= coeficiente de variación

ns = no significativo

* = diferencias significativas al 5%

12.2.2. Prueba de Tukey para Factor A en la variable pérdida de peso.

Se consideró los índices de cosecha en el indicador peso con el fin de observar el comportamiento de cada índice en cuanto a su conservación o pérdida de peso, al transcurso de cada día, verificando mediante la tabla 19 cual obtuvo los mejores resultados.

En la tabla 21 se observan los promedios y rangos obtenidos por cada índice de color. En el segundo y tercer día se presentó dos rangos de significación, donde C2 (90 % rojo) mostro menor pérdida de peso con promedios de 1,23 y 1,87 % ubicándose en el rango “A”, mientras que el C1 (75 % rojo) se presentó en el rango “B” con promedios de 1,5 y 2,18 % respectivamente esto debido a la transpiración.

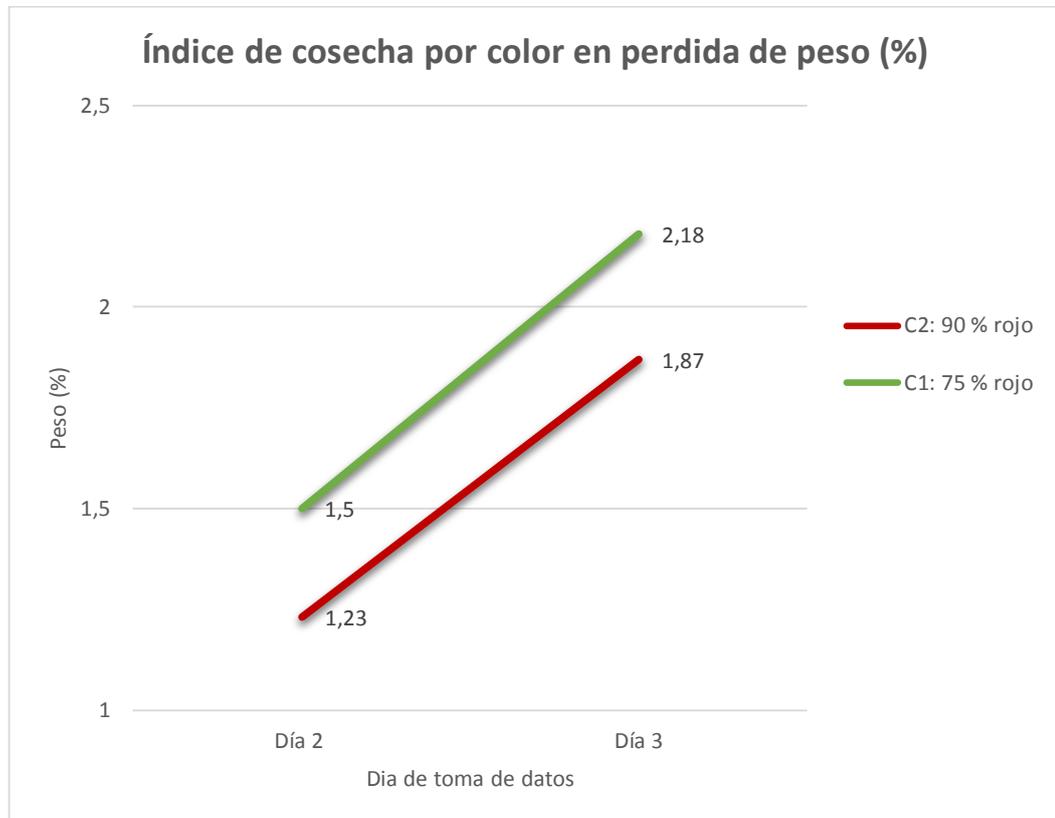
Según Valverde et al. (2017), la pérdida de peso se debe a los procesos relacionados a las reacciones fisiológicas de respiración y transpiración que ocurre en la vida postcosecha de la fruta. Se conoce que pérdidas del 3% en peso son suficientes para que el fruto pierda su brillo característico y presente una apariencia arrugada, siendo por ello el 6%, la máxima pérdida de peso aconsejable para este fruto durante su comercialización.

Tabla 19. Prueba de Tukey al 5% para el Factor A (Índice de cosecha por color) en la variable pérdida de peso (%).

Índice	Día 2		Día 3	
	Medias	Rangos	Medias	Rangos
C2: 90% rojo	1,23	A	1,87	A
C1: 75% rojo	1,5	B	2,18	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Figura 10. Comparación de medias entre el Factor A (Índice de cosecha por color) en la variable pérdida de peso (%).



Elaborado por: (Guanoluisa, 2022)

12.2.3. Prueba de Tukey para Factor B en la variable pérdida de peso.

En la tabla 20 se presentó los promedios y rangos obtenidos por cada etapa de aplicación. En el primer, segundo, tercer, cuarto y quinto día se presentó dos rangos de significación, donde E1 (pre cosecha) mostro menor pérdida de peso con promedios de 0,42; 1,03; 1,61; 2,34 y 2,96 % respectivamente, ubicándose en el rango “A”, mientras que el E2 (pos cosecha) se presentó en el rango “B” con promedios de 0,71 ; 1,7 ; 2,43 ; 3,43 y 4,5% respectivamente.

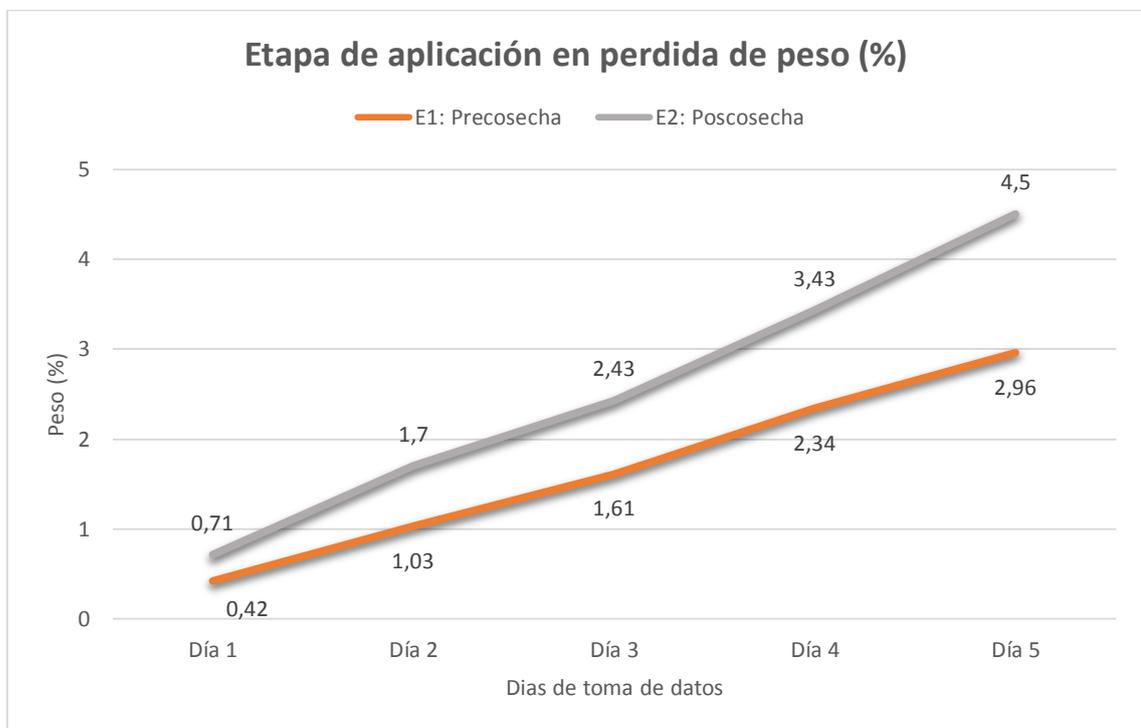
Esto debido al remojo del fruto en el agua ozonificada, según (Hurtado & Knoche, 2021) menciona que el remojo en agua implica el microagrietamiento de la cutícula, la absorción de agua, el estallido de las células y la fuga del contenido de las células. Es por esto que la etapa E2 (pos cosecha) obtuvo mayor pérdida de peso.

Tabla 20. Prueba de Tukey al 5% para el Factor B (Etapa de aplicación) en la variable pérdida de peso (%).

	Día 1		Día 2		Día 3		Día 4		Día 5	
Etapa	Medias (%)	Rangos								
E1: Precosecha	0,42	A	1,03	A	1,61	A	2,34	A	2,96	A
E2: Poscosecha	0,71	B	1,7	B	2,43	B	3,43	B	4,5	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Figura 11. Comparación de medias entre el Factor B (Etapa de aplicación) en la variable pérdida de peso (%).



Elaborado por: (Guanoluisa, 2022)

12.2.4. Prueba de Tukey para Factor C en la variable pérdida de peso.

En la tabla 21 se observa los promedios y rangos obtenidos por cada dosis de ozono. En el primer, segundo, tercer, cuarto y quinto día se presentó en el rango “A” se encontró D3 (0,6 ppm) el cual mostro menor pérdida de peso con promedios de 0,41 ; 1,07; 1,48; 2,29 y 2,83 %, las demás dosis se ubicaron en rangos inferiores debido a que presentaron mayor pérdida de peso.

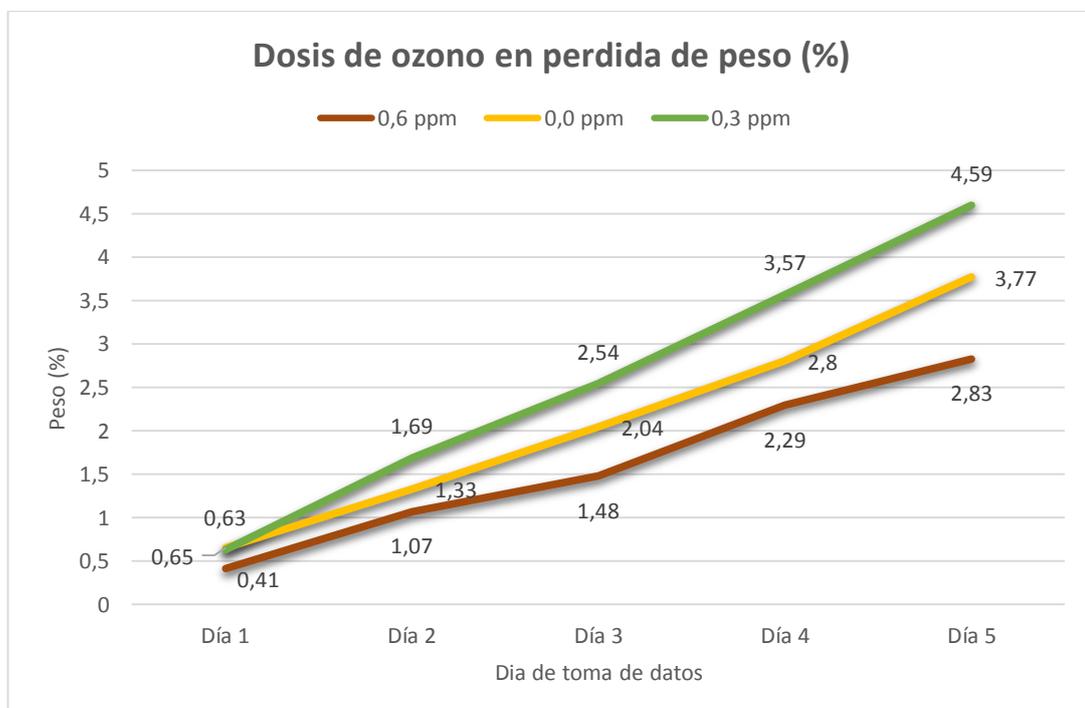
Estos resultados concuerdan con la investigación realizada por Nayak, y otros (2020), donde las frutas de fresa tratadas con ozono demostraron una menor pérdida de peso que las frutas de control. Al final del segundo día de almacenamiento en condiciones ambientales, las frutas de fresa sumergidas en agua ozonizada (2 min) mostraron menos PLW (5,24 %), que fue casi un 18 % más bajo que las frutas de control, esto debido a que las mermas de peso son debidas a la pérdida de agua, consecuencia de la descomposición microbiana de los tejidos. Según CosemarOzono (2022), el ozono paraliza el desarrollo de los microbios y por ende las pérdidas de peso pueden verse disminuidas hasta en un 75%.

Tabla 21. Prueba de Tukey al 5% para el Factor C (Dosis de ozono) en la variable pérdida de peso (%).

Dosis	Día 1		Día 2		Día 3		Día 4		Día 5	
	Medias (%)	Rangos	Medias (%)	Rangos	Medias (%)	Rangos	Medias (%)	Rangos	Medias (%)	Rangos
D3: 0,6 ppm	0,41	A	D3 1,07	A	D3 1,48	A	D3 2,29	A	D3 2,83	A
D2: 0,3 ppm	0,63	B	D1 1,33	B	D1 2,04	B	D1 2,8	A	D1 3,77	B
D1: 0 ppm	0,65	B	D2 1,69	C	D2 2,54	C	D2 3,57	B	D2 4,59	C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Figura 12. Comparación de medias entre el Factor C (Dosis de ozono) en la variable pérdida de peso (%).



Elaborado por: (Guanoluisa, 2022)

12.2.5. Prueba de Tukey para Factor A x C en la variable pérdida de peso.

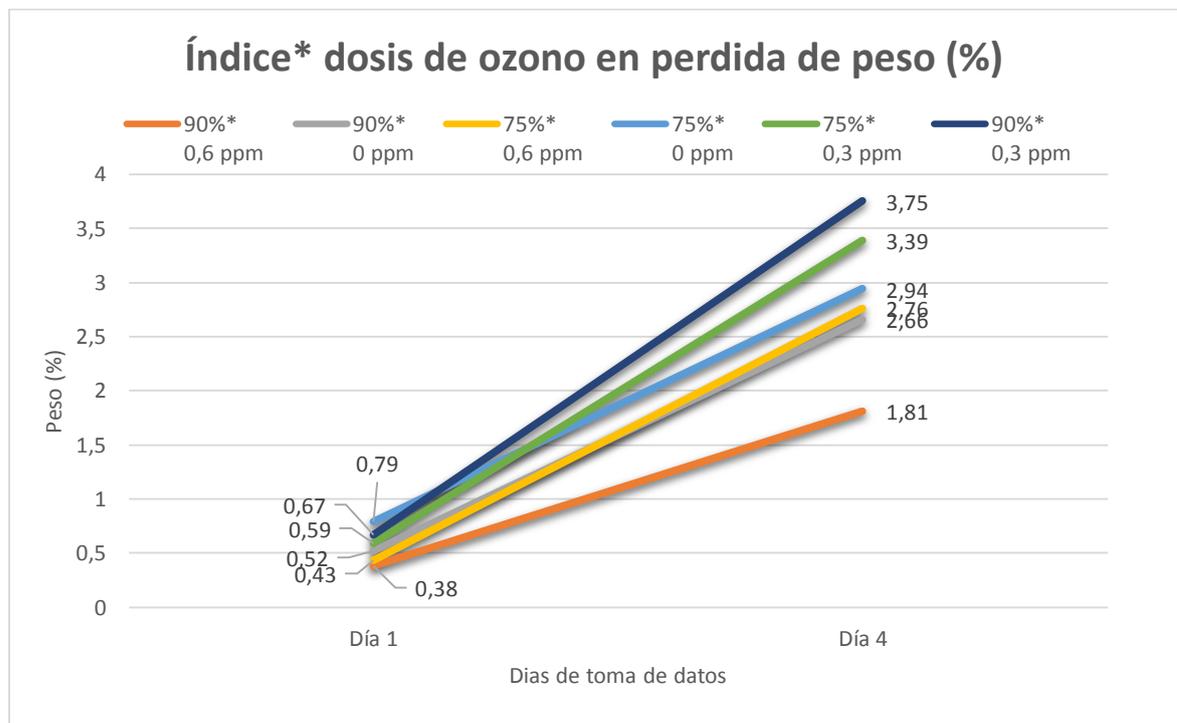
En la tabla 22 se observa en el primer y cuarto día, que C2D3 (90% Rojo * 0,6 ppm) se ubicó en el primer rango “A” mostrando menor pérdida de peso con promedios de 0,38 y 1,81 %, el resto de interacciones se presentaron en rangos inferiores debido a que presentaron mayor pérdida de peso esto debido a la presencia de agua ozonificada.

Tabla 22. Prueba de Tukey al 5% para la interacción del Factor A (Índice de cosecha por color) x Factor C (Dosis de ozono) en la variable pérdida de peso (%).

Índice*dosis	Día 1		Día 4		
	Medias (%)	Rangos	Índice*dosis	Medias (%)	Rangos
C2D3	0,38	A	C2D3	1,81	A
C1D3	0,43	A B	C2D1	2,66	A B
C2D1	0,52	A B C	C1D3	2,76	A B
C1D2	0,59	B C	C1D1	2,94	B C
C2D2	0,67	C D	C1D2	3,39	B C
C1D1	0,79	D	C2D2	3,75	C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Figura 13. Interacción del Factor A (Índice de cosecha por color) x Factor C (Dosis de ozono) en la variable pérdida de peso (%).



Elaborado por: (Guanoluisa, 2022)

12.2.6. Prueba de Tukey para Factor B x C en la variable pérdida de peso.

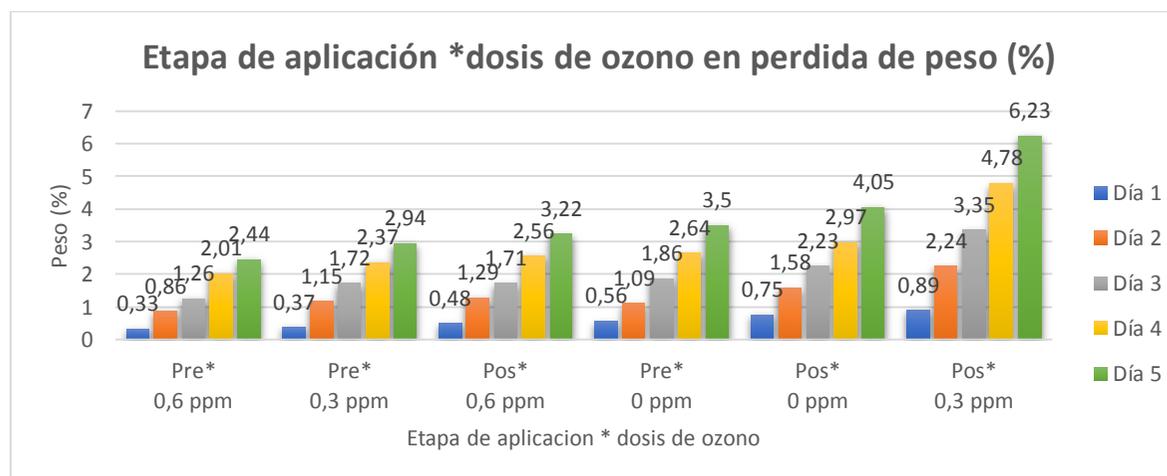
En la tabla 23 se observa los promedios y rangos obtenidos de las interacciones de etapa de aplicación por dosis de ozono. Para el primer y segundo día existió cinco rangos de significación, En el primer rango "A" se presentó E1D3 (pre cosecha * 0,6 ppm) el cual mostro menor pérdida de peso con promedios de 0,33 y 0,86 %, mientras que E2D2 (pos cosecha * 0,3 ppm) mostro mayor pérdida de peso y se presentó en el último rango "D" con promedios de 0,89 y 2,24 %.

En el tercer, cuarto y quinto día existió cuatro rangos de significación. En el primer rango "A" se encontró E1D3 (pre cosecha * 0,6 ppm) con promedios de 1,26; 2,01 y 2,44 %, respectivamente, mientras que en el último rango "C" se ubicó E2D2 (pos cosecha * 0,3 ppm) con promedios de 3,35; 4,78 y 6,23 %. Demostrando así la efectividad de la etapa de aplicación en pre cosecha con altas concentraciones de ozono (0,6 ppm), ratificando lo indicado anteriormente.

Tabla 23. Prueba de Tukey al 5% para la interacción del Factor B (Etapa de aplicación) x Factor C (Dosis de ozono) en la variable pérdida de peso (%).

Etapa *dosis	Día 1			Día 2			Día 3			Día 4			Día 5		
	Medias (%)	Rangos	B x C	Medias (%)	Rangos	B x C	Medias (%)	Rangos	B x C	Medias (%)	Rangos	B x C	Medias (%)	Rangos	
E1D3	0,33	A		E1D3	0,86	A	E1D3	1,26	A	E1D3	2,01	A	E1D3	2,44	A
E1D2	0,37	A B		E1D1	1,09	A B	E2D3	1,71	A B	E1D2	2,37	A B	E1D2	2,94	A B
E2D3	0,48	A B		E2D2	1,15	A B	E1D2	1,72	A B	E2D3	2,56	A B	E2D3	3,22	A B
E1D1	0,56	B C		E1D3	1,29	B C	E1D1	1,86	A B	E1D1	2,64	A B	E1D1	3,5	A B
E2D1	0,75	C D		E2D1	1,58	C	E2D1	2,23	B	E2D1	2,97	B	E2D1	4,05	B
E2D2	0,89	D		E2D2	2,24	D	E2D2	3,35	C	E2D2	4,78	C	E2D2	6,23	C

Figura 14. Interacción del Factor B (Etapa de aplicación) x Factor C (Dosis de ozono) en la variable pérdida de peso (%).



Elaborado por: (Guanoluisa, 2022)

12.2.7. Prueba de Tukey para Factor A x B x C en la variable pérdida de peso.

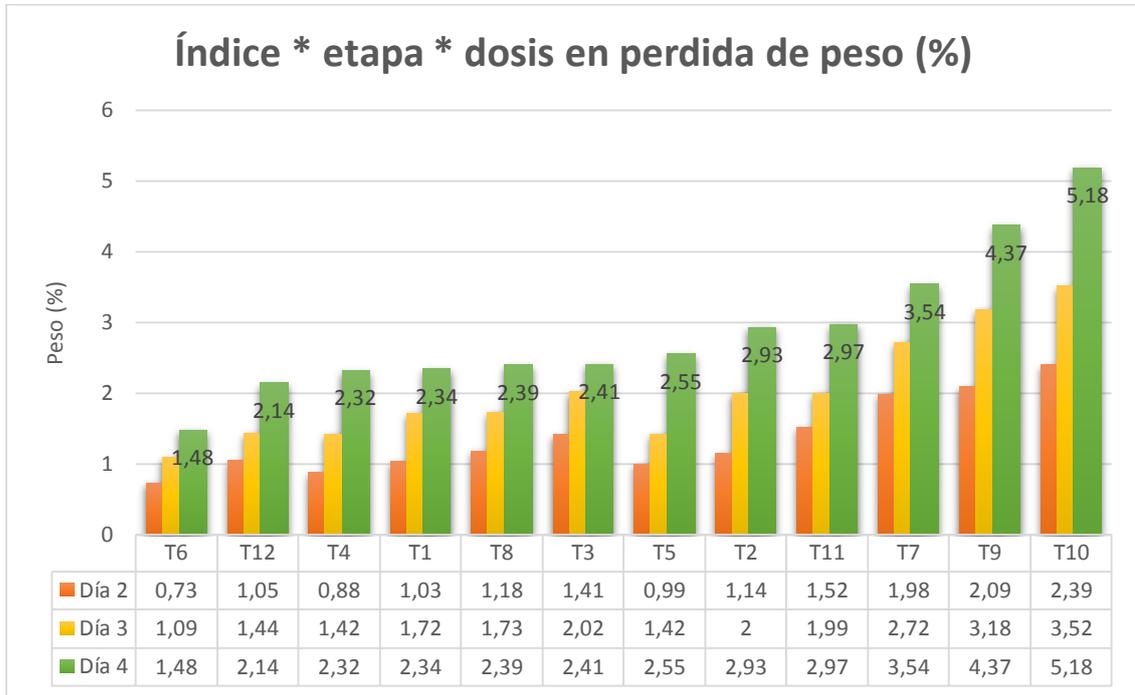
La interacción del factor A*B*C (índice * etapa * dosis) de la tabla 24 refleja que existe significación estadística en el variable de pérdida de peso. En el segundo, tercer y cuarto día C2E1D3 (90% rojo * precosecha * 0,6 ppm) mostro menor pérdida de peso con promedios de 0,73; 1,09 y 1,48 %, respectivamente, ocupando el primer rango de significación “A”. Los demás tratamientos ocuparon rangos inferiores debido a que mostraron mayor pérdida de peso durante el tiempo que se llevó la investigación, ratificando lo indicado anteriormente.

Tabla 24. Prueba de Tukey al 5% para la interacción del Factor A (Índice de cosecha por color) x Factor B (Etapa de aplicación) x Factor C (Dosis de ozono) en la variable pérdida de peso (%).

Día 2			Día 3			Día 4		
AxBxC	Medias (%)	Rangos	AxBxC	Medias (%)	Rangos	AxBxC	Medias (%)	Rangos
C2E1D3	0,73	A	C2E1D3	1,09	A	C2E1D3	1,48	A
C2E1D2	0,88	A B	C2E1D2	1,42	A	C2E2D3	2,14	A B
C1E1D3	0,99	A B C	C1E1D3	1,42	A	C2E1D2	2,32	A B
C1E1D1	1,03	A B C	C2E2D3	1,44	A	C1E1D1	2,34	A B
C2E2D3	1,05	A B C	C1E1D1	1,72	A B	C2E2D1	2,39	A B
C2E1D1	1,14	A B C	C2E2D1	1,73	A B	C1E1D2	2,41	A B
C2E2D1	1,18	A B C	C1E2D3	1,99	A B	C1E1D3	2,55	A B
C1E1D2	1,41	B C D	C2E1D1	2	A B	C2E1D1	2,93	A B C
C1E2D3	1,52	C D E	C1E1D2	2,02	A B	C1E2D3	2,97	A B C
C1E2D1	1,98	D E F	C1E2D1	2,72	B C	C1E2D1	3,54	B C
C1E2D2	2,09	E F	C1E2D2	3,18	C	C1E2D2	4,37	C D
C2E2D2	2,39	F	C2E2D2	3,52	C	C2E2D2	5,18	D

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Figura 15. Interacción del Factor A (Índice de cosecha por color) x Factor B (Etapa de aplicación) x Factor C (Dosis de ozono) en la variable pérdida de peso (%).



Elaborado por: (Guanoluisa, 2022)

En la figura 15 observamos que el tratamiento 6 (C2E1D3: 90% rojo * precosecha * 0.6 ppm) ocupa los promedios más bajos, sobresaliendo de los demás tratamientos con un valor de 1,48 % en el cuarto día, mientras que el tratamiento 10 (C2E2D2: 90% rojo* poscosecha * 0,3ppm) registro los valores más altos con un valor de 5,18 % en el cuarto día de la investigación. Donde claramente se ve reflejada que existió diferencia significativa en la variable de peso sobre los índices de cosecha, etapa de aplicación y dosis de ozono.

12.3. FIRMEZA

12.3.1. Análisis de varianza

De acuerdo a los resultados obtenidos luego de aplicar el análisis de varianza ADEVA para la variable de firmeza, se observó en la tabla 25 que en el primer día existió significancia estadística para las fuentes de variación índice, etapa, dosis y las interacciones índices*etapa, etapa*dosis y índice*etapa*dosis las otras fuentes de variación no tuvieron significancia estadística y se obtuvo un coeficiente de variación de 8,75 % con un promedio de 2,21kg.

En el segundo día existió significancia estadística para las fuentes de variación índice, etapa, dosis y las interacciones índices*etapa, índice*dosis, etapa*dosis y índice*etapa*dosis, las demás fuentes de variación no tuvieron significancia estadística y alcanzaron un coeficiente de variación de 11,42 % con un promedio de 1,39 kg.

Para el tercer día existió significancia estadística para las fuentes de variación índice, etapa, dosis y las interacciones índices*etapa, índice*dosis y etapa*dosis, las demás fuentes de variación no tuvieron significancia estadística y alcanzó un coeficiente de variación de 12,48 % con un promedio de 0,92 kg.

En el cuarto día la significancia estadística fue para las fuentes de variación índice, etapa, dosis y las interacciones índices*etapa, etapa*dosis y índice*etapa*dosis, las otras fuentes de variación no tuvieron significancia estadística, se obtuvo un coeficiente de variación de 10,85 % con un promedio de 0,94 kg.

En el quinto día se evidenció significancia estadística para las fuentes de variación índice, etapa, dosis y la interacción etapa*dosis, las demás fuentes de variación no tuvieron significancia estadística y se obtuvo un coeficiente de variación de 12,2 % con un promedio de 0,75 kg.

Tabla 25. Análisis de varianza (ADEVA) para firmeza en la evaluación de ozono en fresas.

F.V.	gl	Día 1		Día 2		Día 3		Día 4		Día 5	
		p-valor	sig.								
Repetición	2	0,7	ns	0,9567	ns	0,1375	ns	0,4884	ns	0,0681	ns
Índice (A)	1	0,0299	*	<0,0001	*	<0,0001	*	<0,0001	*	<0,0001	*
Etapa (B)	1	<0,0001	*	<0,0001	*	0,0007	*	<0,0001	*	0,0051	*
Dosis (C)	2	0,0363	*	0,0033	*	0,0001	*	<0,0001	*	0,0002	*
Índice*Etapa (A*B)	1	0,0013	*	<0,0001	*	<0,0001	*	0,0003	*	0,5888	ns
Índice*Dosis (A*C)	2	0,0813	ns	0,001	*	0,0005	*	0,0603	ns	0,154	ns
Etapa*Dosis (B*C)	2	0,0001	*	<0,0001	*	0,0001	*	0,0012	*	<0,0001	*
Índice*Etapa*Dosis (A*B*C)	2	0,0192	*	0,0024	*	0,372	ns	0,0049	*	0,5063	ns
Error	22										
Total	35										
CV (%)		8,75		11,42		12,48		10,85		12,2	
Promedio		2,21		1,39		0,92		0,94		0,75	

• CV= coeficiente de variación

ns = no significativo

* = diferencias significativas al 5%

12.3.2. Prueba de Tukey para Factor A en la variable firmeza.

En la tabla 26 se presentó los promedios y rangos obtenidos por cada índice de color. En el primer, segundo, tercer, cuarto y quinto día se presentó dos rangos de significación, donde C1 (75% rojo) mostro menor firmeza ubicándose en el rango “A”, con promedios de 2,29; 1,81 ; 1,12 ; 1,12 y 0,86 kg, mientras que C2 (90% rojo) se presentó en el rango “B” con promedios de 2,14 ; 0,97 ; 0,72 ; 0,82 y 0,63 kg.

Al evaluar la firmeza entre los distintos índices de cosecha por color, se presentó una mayor resistencia en un índice menor, siendo el C1 (75% rojo) el de mayor firmeza, lo que concuerda con los resultados de López Valencia, Sánchez Gómez, Acuña Caita, & Fischer (2018), el cual menciona que el estado 0 (verde) presenta mayor resistencia, con un valor medio de 474,0 g, y el 5 (90% rojo) presenta la menor, con una media de 117,3 g. ya que la firmeza decrece a medida que aumenta el estado de madurez de los frutos.

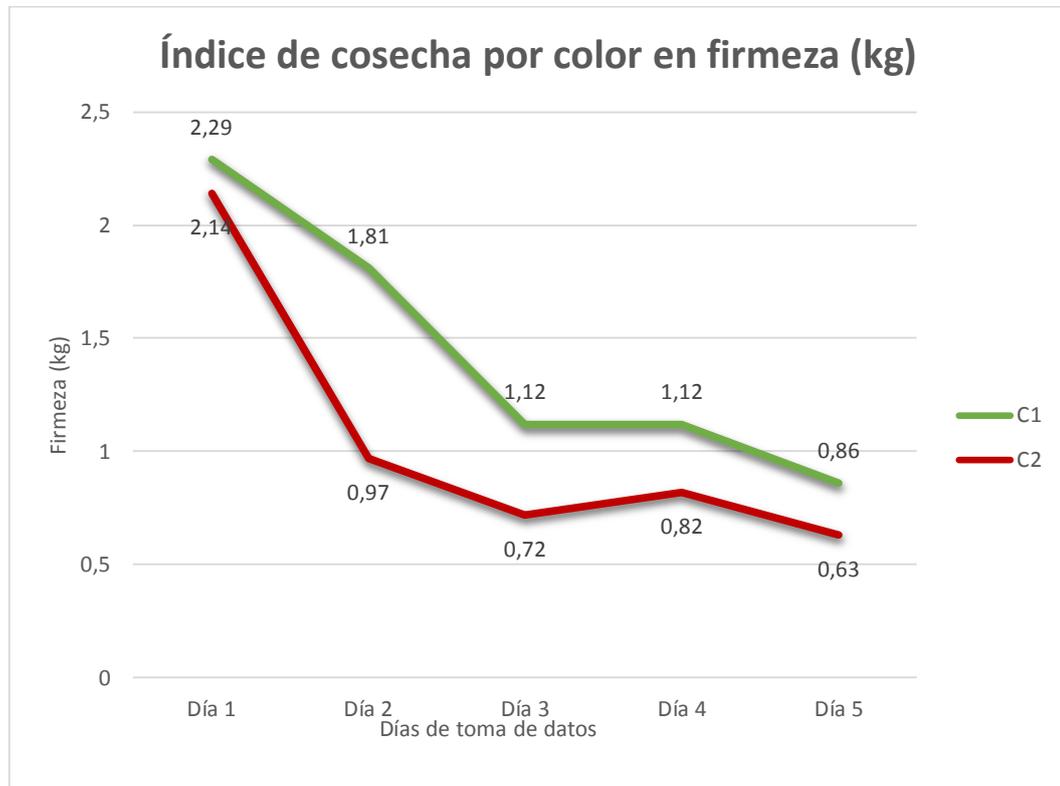
Según DECCO (2019) durante el proceso de maduración, los frutos adquieren una textura más blanda por la degradación de las paredes celulares (celulosa y pectina) que se incrementa con la respiración y el estado de madurez de los frutos, mediante la acción de las enzimas celulasa, pectinmetilesterasa y pectinasa, es por esto que el índice C1 (75 % rojo) presenta mayor firmeza.

Tabla 26. Prueba de Tukey al 5% para el Factor A (Índice de cosecha por color) en la variable firmeza (kg).

Índice	Día 1		Día 2		Día 3		Día 4		Día 5	
	Medias (kg)	Rangos								
C1	2,29	A	1,81	A	1,12	A	1,12	A	0,86	A
C2	2,14	B	0,97	B	0,72	B	0,82	B	0,63	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Figura 16. Comparación de medias entre el Factor A (Índice de cosecha por color) en la variable firmeza (kg).



Elaborado por: (Guanoluisa, 2022)

12.3.3. Prueba de Tukey para Factor B en la variable firmeza.

En la tabla 27 se observó en el primer y segundo día dos rangos de significación, donde E1 (pre cosecha) mostro mayor firmeza con promedios de 2,71 y 1,76 kg ubicándose en el rango “A”, mientras E2 (pos cosecha) se presentó en el rango “B” con valores de 1,72 y 1,02 kg.

Para el tercer día existió dos rangos de significancia, en el primer rango “A” se encuentra E2 (pos cosecha) con mayor firmeza con un promedio de 0,99 kg, respectivamente, mientras que en el rango “B” se presentó E1 (pre cosecha) con valores de 0,84 kg, respectivamente.

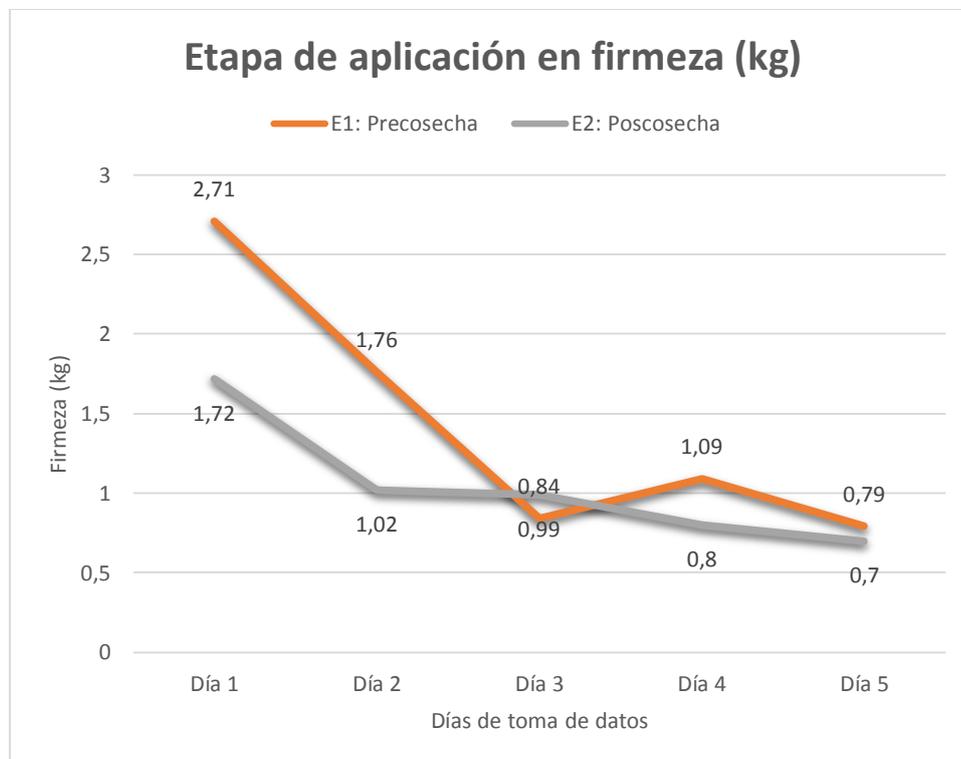
Para el cuarto y quinto día existió dos rangos de significancia, en el primer rango “A” se encuentra E1 (pre cosecha) con mayor firmeza con promedios de 1,09 y 0,79 kg, respectivamente, mientras que en el rango “B” se presentó E2 (pos cosecha) con valores de 0,8 y 0,7 kg, respectivamente, esto debido al microagrietamiento de la cutícula, absorción de agua, y el estallido de las células (Hurtado & Knoche, 2021).

Tabla 27. Prueba de Tukey al 5% para el Factor B (Etapa de aplicación) en la variable firmeza (kg).

Etapa	Día 1		Día 2		Día 3		Día 4		Día 5	
	Medias (kg)	Rangos	Medias (kg)	Rangos	Medias (kg)	Rangos	Medias (kg)	Rangos	Medias (kg)	Rangos
E1: Precosecha	2,71	A	E1 1,76	A	E2 0,99	A	E1 1,09	A	E1 0,79	A
E2: Poscosecha	1,72	B	E2 1,02	B	E1 0,84	B	E2 0,8	B	E2 0,7	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Figura 17. Comparación de medias entre el Factor B (Etapa de aplicación) en la variable de firmeza (kg).



Elaborado por: (Guanoluisa, 2022)

12.3.4. Prueba de Tukey para Factor C en la variable firmeza.

En la tabla 28 se observa que en el primer día se presentó tres rangos de significación. En el rango “A” se encontró D2 (0,3 ppm) con mayor firmeza con 2,33 kg, respectivamente, mientras que en el rango “AB” se ubicó D1 (0 ppm) con una media de 2,19 kg y en rango “B” se encuentra D3 (0,6 ppm) con un promedio de 2,12 kg.

En el segundo día se presentó tres rangos de significación. En el rango “A” se encontró D3 (0,6 ppm) con mayor firmeza con 1,51 kg, respectivamente, mientras que en el rango “AB” se ubicó D2 (0,3 ppm) con una media de 1,39 kg y en rango “B” se encuentra D1 (0 ppm) con un promedio de 1,26 kg.

Para el tercer y cuarto día se presentó dos rangos de significación. En el rango “A” se encontró D3 (0,6 ppm) con promedios de 1,02 y 1,08 kg y D2 (0,3 ppm) con valores de firmezas de 0,97 y 0,98 kg, respectivamente, mientras que en el rango “B” se encuentra D1 (0 ppm) con firmeza de 0,78 kg.

En el quinto día se presentó dos rangos de significación. En el rango “A” se encontró D2 (0,3 ppm) con una firmeza de 0,82 kg y D3 (0,6 ppm) con una firmeza de 0,78 kg, respectivamente, mientras que en el rango “B” se encuentra D1 (0 ppm) con firmeza de 0,64 kg. Lo cual nos muestra que la dosis D1 fue la que menor firmeza tubo dejando así a la dosis D3 (0,6 ppm) y D2 (0,3 ppm) con un rango A y mayor firmeza en el quinto día.

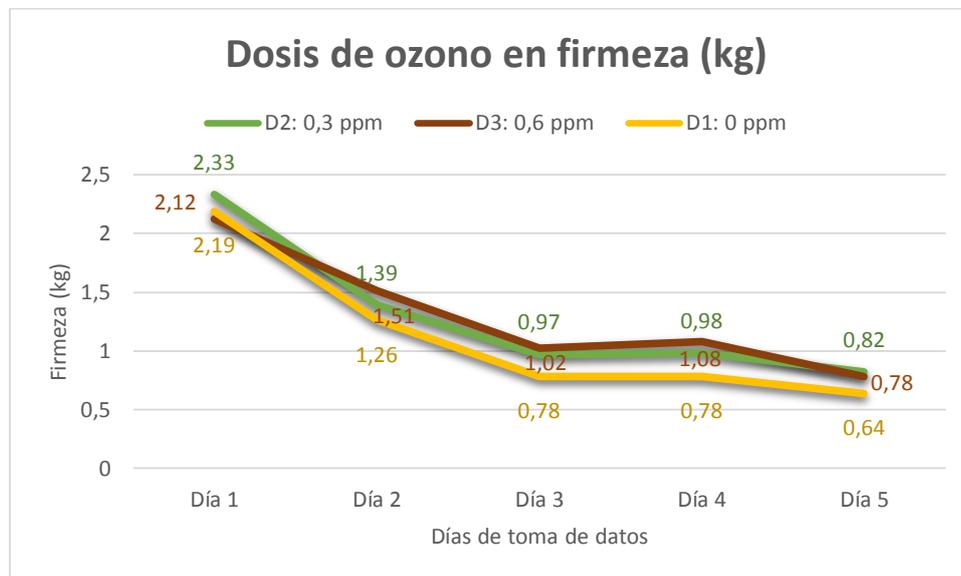
En general, se observa una disminución progresiva de la firmeza conforme transcurrió el tiempo de almacenamiento de las fresas, en la figura 18 se puede observar que fresas ozonificadas mantuvieron mejor dureza en comparación que las de control, esto debido a que el ozono es de naturaleza oxidativa y es responsable de inactivar las enzimas suavizantes de la fruta, como la pectina metilesterasa, además suspende la producción de gas etileno los cuales son responsable del ablandamiento de la fruta, ayudando así a retener mejor la firmeza de la fruta durante el almacenamiento (Nayak, y otros, 2020).

Tabla 28. Prueba de Tukey al 5% para el Factor C (Dosis de ozono) en la variable firmeza (kg).

Dosis	Día 1		Día 2		Día 3		Día 4		Día 5	
	Medias (kg)	Rango	Medias (kg)	Rango	Medias (kg)	Rango	Medias (kg)	Rango	Medias (kg)	Rango
D2: 0,3ppm	2,33	A	D3 1,51	A	D3 1,02	A	D3 1,08	A	D2 0,82	A
D1: 0ppm	2,19	A B	D2 1,39	A B	D2 0,97	A	D2 0,98	A	D3 0,78	A
D3: 0,6ppm	2,12	B	D1 1,26	B	D1 0,78	B	D1 0,86	B	D1 0,64	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Figura 18. Comparación de medias entre el Factor C (Dosis de ozono) en la variable firmeza (kg)



Elaborado por: (Guanoluisa, 2022)

12.3.5. Prueba de Tukey para Factor A x B en la variable firmeza.

En la tabla 29 se observó los promedios y rangos obtenidos de las interacciones de índice de color por etapa de aplicación de ozono en firmeza. En el primer día existió tres rangos de significación. En el primer rango “A” se encontró C1E1 (75% rojo* precosecha) el cual mostro mayor firmeza con una media de 2,9 kg, mientras que en el último rango “C” se ubicó C2E2 (90% rojo*poscosecha) y C1E2 (75 % rojo *poscosecha) con valores de 1,77 y 1,68 kg, respectivamente.

Para el segundo día existió tres rangos de significación. En el primer rango “A” se encontró C1E1 (75% rojo * precosecha) con 2,39 kg de firmeza, mientras que en el último rango “C” se ubicó C2E2 (90% rojo*poscosecha) con 0,81 kg.

En el cuarto día existió tres rangos de significación. En el primer rango “A” se encontró C1E2 (75% rojo * poscosecha) con una media de 1,29 kg, mientras que en el último rango “C” se ubicó C2E1 (90% rojo*precosecha) y C2E2 (90% rojo*poscosecha) con valores de 0,74 y 0,7 kg, respectivamente.

Y en el cuarto día existió tres rangos de significación. En el primer rango “A” se encontró C1E1 (75% rojo * precosecha) con 1,2 kg de firmeza, mientras que en el último rango “C” se ubicó C2E2 (90% rojo*poscosecha) con 0,61 kg. Estos resultados se verían influenciado por lo

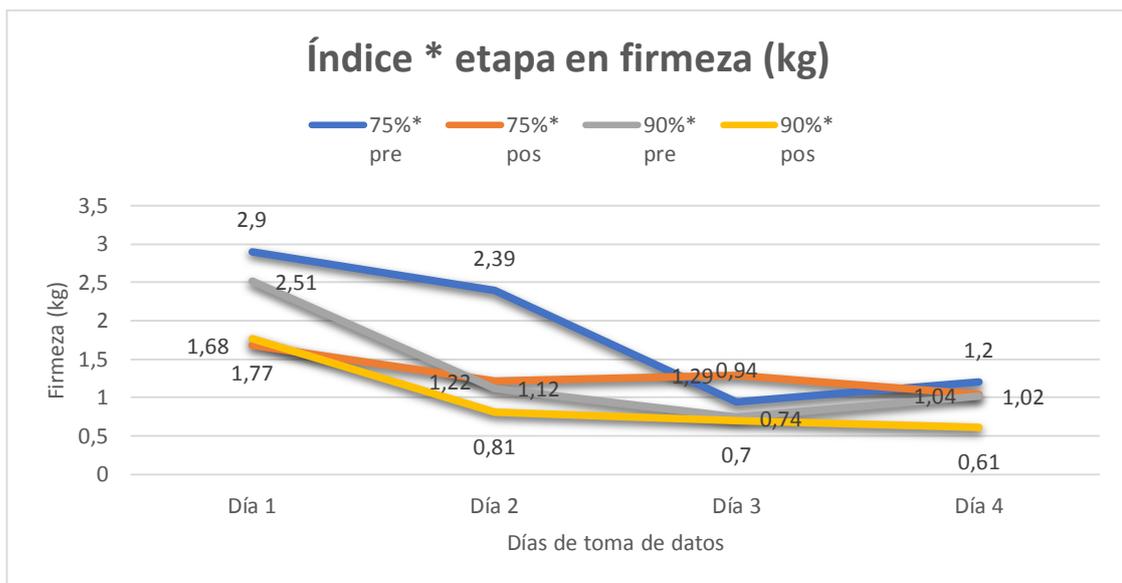
mencionado anteriormente por (López Valencia, Sánchez Gómez, Acuña Caita, & Fischer, 2018) & (Hurtado & Knoche, 2021)

Tabla 29. Prueba de Tukey al 5% para la interacción del Factor A (Índice de cosecha por color) x Factor B (Etapa de aplicación) en la variable firmeza (kg).

Índice*etapa	Día 1		Día 2		Día 3		Día 4				
	Medias (kg)	Rango	AxB	Medias (kg)	Rango	AxB	Medias (kg)	Rango			
C1E1	2,9	A	C1E1	2,39	A	C1E2	1,29	A	C1E1	1,2	A
C2E1	2,51	B	C1E2	1,22	B	C1E1	0,94	B	C1E2	1,04	B
C2E2	1,77	C	C2E1	1,12	B	C2E1	0,74	C	C2E1	1,02	B
C1E2	1,68	C	C2E2	0,81	C	C2E2	0,7	C	C2E2	0,61	C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Figura 19. Interacción del Factor A (Índice de cosecha por color) x Factor B (Etapa de aplicación) en la variable firmeza (kg).



Elaborado por: (Guanoluisa, 2022)

12.3.6. Prueba de Tukey para Factor A x C en la variable firmeza.

En la tabla 30 se observa los promedios y rangos obtenidos de las interacciones de índice de color por dosis de ozono en firmeza. En el segundo día existió tres rangos de significación. En el primer rango “A” se encontró C1D3 (75% rojo * 0,6 ppm) y C1D2 (75% rojo * 0,3 ppm) con firmezas de 2,03 y 1,87 kg, respectivamente, las demás interacciones ocuparon rangos inferiores debido a que mostraron menor firmeza.

En el tercer día existió dos rangos de significación. En el primer rango “A” se encontró C1D3 (75% rojo * 0,6 ppm) y C1D2 (75% rojo * 0,3 ppm) con firmezas de 1,3 y 1,2 kg, respectivamente, las demás interacciones ocuparon el rango “B” debido a que mostraron menor firmeza.

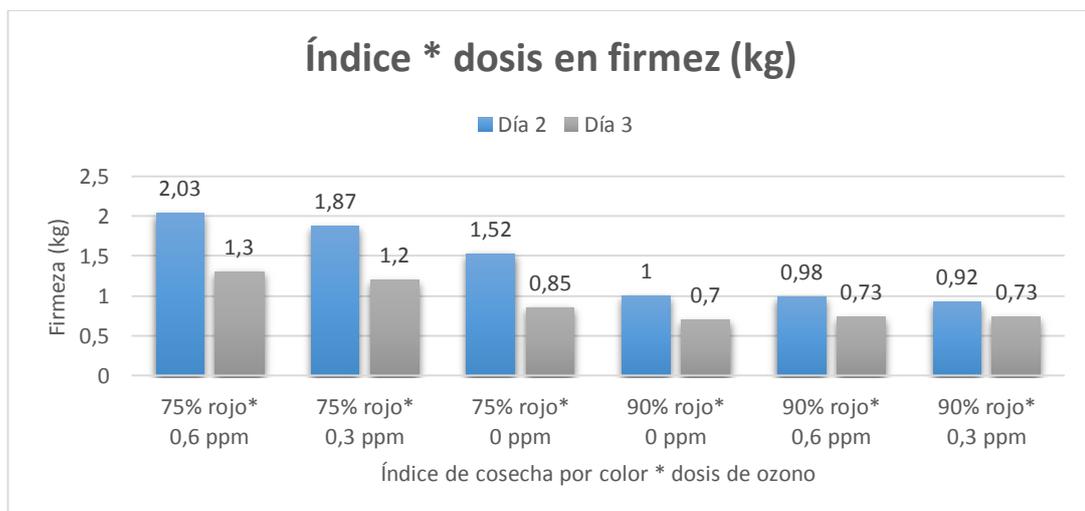
Estos resultados son similares a los observados por Coelho, Silva, & Cabral (2017) en su estudio “Tratamiento de ozono acuoso para prolongar la vida útil y mantener la calidad de las fresas recién cortadas”, en donde obtuvieron mejor firmeza en fresas sometidas a desinfección con agua ozonizada en todas las concentraciones (0,2, 0,5 y 1,0 mg.L-1) que las de control y a los resultados mencionado anteriormente por (López Valencia, Sánchez Gómez, Acuña Caita, & Fischer, 2018)

Tabla 30. Prueba de Tukey al 5% para la interacción del Factor A (Índice de cosecha por color) x Factor C (Dosis de ozono) en la variable firmeza (kg).

Día 2			Día 3		
Índice*dosis	Medias (kg)	Rango	Índice*dosis	Medias (kg)	Rango
C1D3	2,03	A	C1D3	1,3	A
C1D2	1,87	A	C1D2	1,2	A
C1D1	1,52	B	C1D1	0,85	B
C2D1	1	C	C2D3	0,73	B
C2D3	0,98	C	C2D2	0,73	B
C2D2	0,92	C	C2D1	0,7	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Figura 20. Interacción del Factor A (Índice de cosecha por color) x Factor C (Dosis de ozono) en la variable firmeza (kg).



Elaborado por: (Guanoluisa, 2022)

12.3.7. Prueba de Tukey para Factor B x C en la variable firmeza.

En la tabla 31 se observa los promedios y rangos obtenidos de las interacciones de Etapa de aplicación por dosis de ozono en firmeza. En el primer día existió tres rangos de significación. En el primer rango de significación “A” se encuentra E1D2 (pre cosecha * 0,3 ppm) y E1D1 (pre cosecha * 0 ppm) con firmezas de 2,87 kg, las demás interacciones ocuparon rangos inferiores debido a que mostraron menor firmeza.

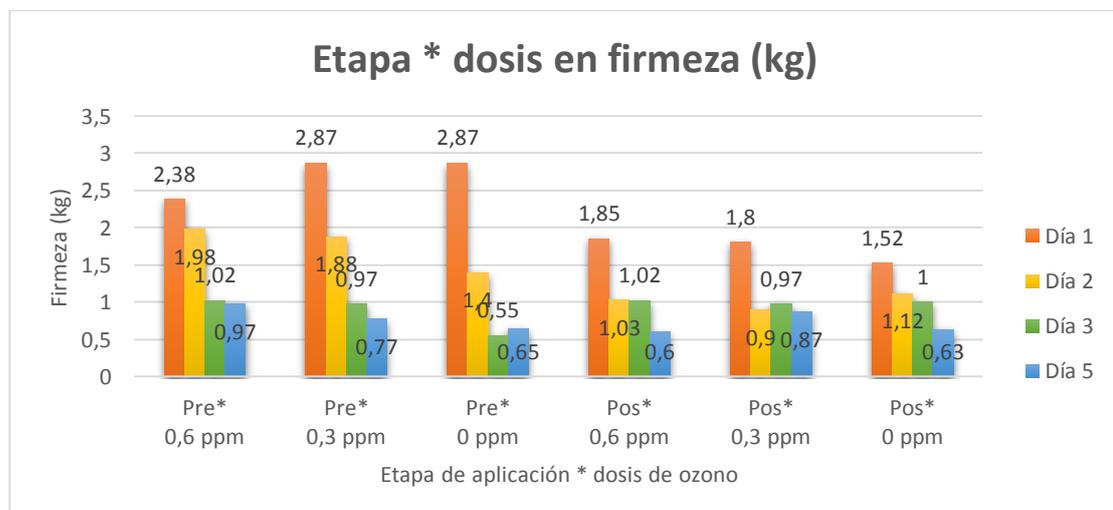
Para el segundo, tercer y quinto día, se ubicó en primer lugar en el rango “A” E1D3 (pre cosecha * 0,6 ppm) con valores de firmeza de 1,98; 1,02 y 0,97, respectivamente. Estos resultados son debido a la naturaleza oxidativa de ozono según (Nayak, y otros, 2020).

Tabla 31. Prueba de Tukey al 5% para la interacción del Factor B (Etapa de aplicación) x Factor C (Dosis de ozono) en la variable firmeza (kg).

	Día 1		Día 2		Día 3		Día 5				
Etapa* dosis	Medias (kg)	Rangos									
E1D2	2,87	A	E1D3	1,98	A	E1D3	1,02	A	E1D3	0,97	A
E1D1	2,87	A	E1D2	1,88	A	E2D3	1,02	A	E2D2	0,87	A B
E1D3	2,38	B	E1D1	1,4	B	E2D1	1	A	E1D2	0,77	B C
E2D3	1,85	C	E2D1	1,12	B C	E2D2	0,97	A	E1D1	0,65	C D
E2D2	1,8	C	E2D3	1,03	C	E1D2	0,97	A	E2D1	0,63	C D
E2D1	1,52	C	E2D2	0,9	C	E1D1	0,55	B	E2D3	0,6	D

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Figura 21. Interacción del Factor B (Etapa de aplicación) x Factor C (Dosis de ozono) en la variable firmeza (kg).



Elaborado por: (Guanoluisa, 2022)

12.3.8. Prueba de Tukey para Factor A x B x C en la variable firmeza.

La interacción del factor A*B*C (índice * etapa * dosis) de la tabla 32 refleja que existe significación estadística en el variable de firmeza. En el primer día existió tres rangos de significación. En el rango “A” oscilan valores de 3 a 2,73 kg y en primer lugar se encontró C1E1D1 (75% rojo * precosecha * 0 ppm) con un promedio de 3 kg de firmeza, los demás tratamientos ocuparon rangos inferiores debido a que presentaron menor firmeza.

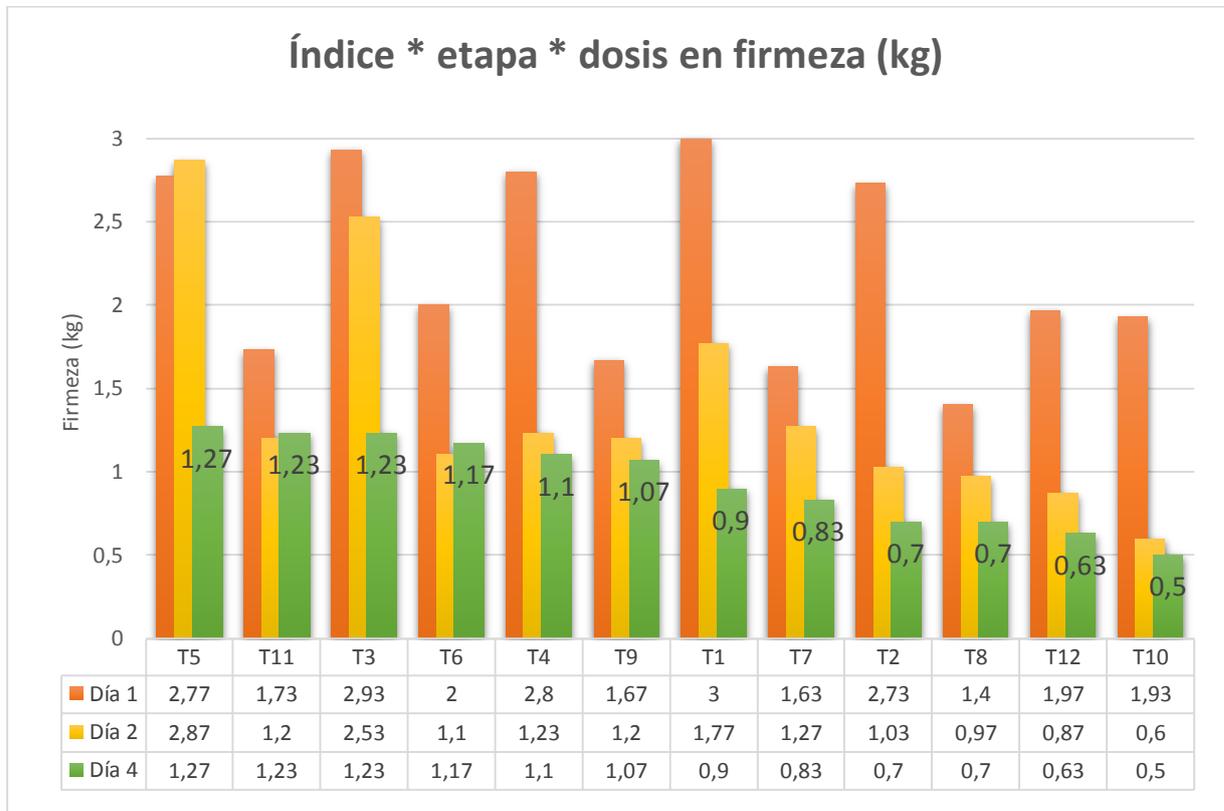
Para el segundo y cuarto día C1E1D3 (75% rojo * precosecha * 0,6 ppm) mostro mayor firmeza con promedios de 2,87 y 1,27 kg, respectivamente, ocupando el primer rango de significación “A”. Los demás tratamientos ocuparon rangos inferiores debido a que mostraron menor firmeza. Concluyendo así que el índice de cosecha por color, las dosis de ozono y la etapa de aplicación si influyen en la firmeza de la fresa y por ende se acepta la hipótesis alternativa.

Tabla 32. Prueba de Tukey al 5% para la interacción del Factor A (Índice de cosecha por color) x Factor B (Etapa de aplicación) x Factor C (Dosis de ozono) en firmeza (kg).

AxBxC	Día 1		AxBxC	Día 2		AxBxC	Día 4	
	Medias (kg)	Rangos		Medias (kg)	Rangos		Medias (kg)	Rangos
C1E1D1	3	A	C1E1D3	2,87	A	C1E1D3	1,27	A
C1E1D2	2,93	A	C1E1D2	2,53	A	C1E1D2	1,23	A
C2E1D2	2,8	A	C1E1D1	1,77	B	C1E2D3	1,23	A
C1E1D3	2,77	A	C1E2D1	1,27	C	C2E1D3	1,17	A B
C2E1D1	2,73	A	C2E1D2	1,23	C	C2E1D2	1,1	A B C
C2E1D3	2	B	C1E2D3	1,2	C	C1E2D2	1,07	A B C
C2E2D3	1,97	B C	C1E2D2	1,2	C	C1E1D1	0,9	B C D
C2E2D2	1,93	B C	C2E1D3	1,1	C	C1E2D1	0,83	C D
C1E2D3	1,73	B C	C2E1D1	1,03	C D	C2E2D1	0,7	D E
C1E2D2	1,67	B C	C2E2D1	0,97	C D	C2E1D1	0,7	D E
C1E2D1	1,63	B C	C2E2D3	0,87	C D	C2E2D3	0,63	D E
C2E2D1	1,4	C	C2E2D2	0,6	D	C2E2D2	0,5	E

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Figura 22. Interacción del Factor A (Índice de cosecha por color) x Factor B (Etapa de aplicación) x Factor C (Dosis de ozono) en firmeza (kg).



Elaborado por: (Guanoluisa, 2022)

En la figura 22 observamos que el tratamiento 5 (C1E1D3: 75% rojo * precosecha * 0.6 ppm) posee mayor firmeza, sobresaliendo de los demás tratamientos con una firmeza de 1,27 kg en el último día, mientras que el tratamiento 10 (C2E2D2: 90% rojo * poscosecha * 0,3 ppm) registro los valores más bajos con una firmeza de 0,5 kg en el último día de la investigación.

12.4. pH

12.4.1. Análisis de varianza

De acuerdo a los resultados obtenidos luego de aplicar el análisis de varianza ADEVA para la variable de pH, se observó en la tabla 33 que en el primer día existió significancia estadística para las fuentes de variación etapa, dosis y las interacciones índices*dosis y índice*etapa*dosis las otras fuentes de variación no tuvieron significancia estadística, se obtuvo un coeficiente de variación de 2,39 % con un promedio de 5,88.

En el segundo día existió significancia estadística para las fuentes de variación etapa, las demás fuentes de variación no tuvieron significancia estadística y alcanzaron un coeficiente de variación de 2,06 % con un promedio de 5,97.

Para el tercer día existió significancia estadística para las fuentes de variación etapa y las interacciones índice*dosis y etapa*dosis, las demás fuentes de variación no tuvieron significancia estadística y alcanzó un coeficiente de variación de 1,27 % con un promedio de 5,88.

En el cuarto día la significancia estadística fue para las fuentes de variación etapa y dosis, las otras fuentes de variación no tuvieron significancia estadística, se obtuvo un coeficiente de variación de 2,46 % con un promedio de 5,94.

En el quinto día se evidenció significancia estadística para las fuentes de variación índice, etapa, dosis y las interacciones índices*etapa, índice*dosis, etapa*dosis y índice*etapa*dosis, las demás fuentes de variación no tuvieron significancia estadística y se obtuvo un coeficiente de variación de 1,6 % con un promedio de 6,13.

Tabla 33. Análisis de varianza (ADEVA) para pH en la evaluación de ozono en fresas.

F.V.	gl	Día 1		Día 2		Día 3		Día 4		Día 5	
		p-valor	sig.								
Repetición	2	0,4159	ns	0,4365	ns	0,2265	ns	0,4054	ns	0,1838	ns
Índice (A)	1	0,6149	ns	0,1235	ns	0,4179	ns	0,0832	ns	0,0091	*
Etapa (B)	1	<0,0001	*	<0,0001	*	<0,0001	*	<0,0001	*	<0,0001	*
Dosis (C)	2	0,0001	*	0,1838	ns	0,662	ns	<0,0001	*	<0,0001	*
Índice*Etapa (A*B)	1	0,1861	ns	0,1801	ns	0,7081	ns	0,7781	ns	0,0022	*
Índice*Dosis (A*C)	2	0,0067	*	0,5733	ns	0,0309	*	0,5581	ns	<0,0001	*
Etapa*Dosis (B*C)	2	0,6861	ns	0,216	ns	0,0002	*	0,1881	ns	0,0023	*
Índice*Etapa*Dosis (A*B*C)	2	0,0022	*	0,1688	ns	0,4819	ns	0,7453	ns	<0,0001	*
Error	22										
Total	35										
CV (%)		2,39		2,06		1,27		2,46		1,6	
Promedio		5,88		5,97		5,88		5,94		6,13	

- CV= coeficiente de variación

- ns = no significativo

- * = diferencias significativas al 5%

12.4.2. Prueba de Tukey para Factor A en la variable pH.

En la tabla 34 se presentó los promedios y rangos obtenidos por cada índice de color. En el quinto día se presentó dos rangos de significación, donde C1 (75% rojo) se ubicó en el rango “B”, con un valor de pH de 6,17, mientras que C2 (90% rojo) se presentó en el rango “A” con un valor de 6,08.

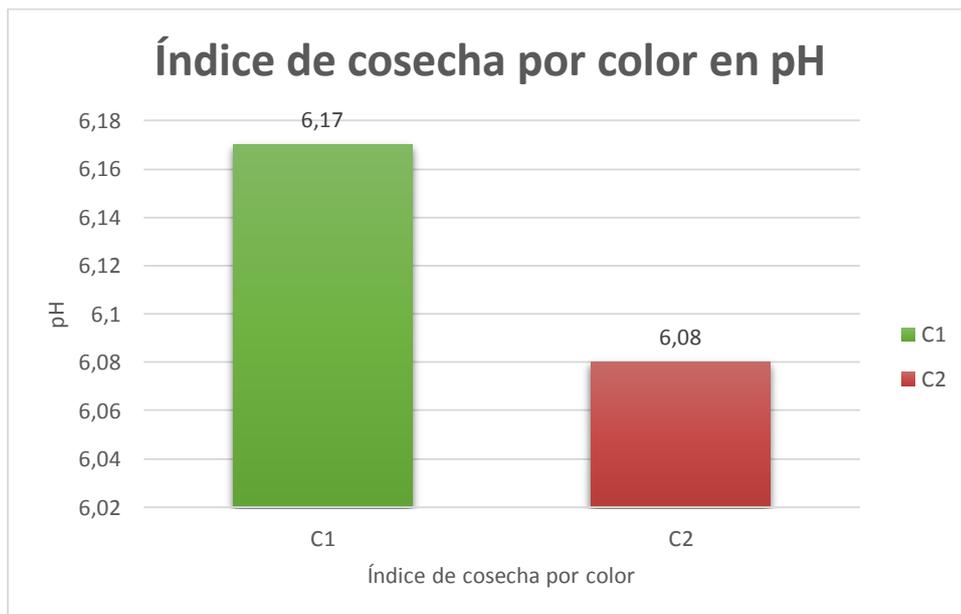
El valor de pH del índice C1 (75% rojo) no fue significativamente diferente del índice C2 (90% rojo) con valores de pH de 6,17 y 6,08, respectivamente. Según (Defy, Supartha, & Wayan, 2021) el valor de pH aumenta con la disminución de los niveles de ácido total en las fresas, esto debido a la utilización de ácidos orgánicos como fuente energética para sustentar el proceso de maduración del fruto.

Tabla 34. Prueba de Tukey al 5% para el Factor A (Índice de cosecha por color) en la variable pH.

Día 5		
Índice	Medias (pH)	Rangos
C2	6,08	A
C1	6,17	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Figura 23. Comparación de medias entre el Factor A (Índice de cosecha por color) en la variable pH en el quinto día (%).



Elaborado por: (Guanoluisa, 2022)

12.4.3. Prueba de Tukey para Factor B en la variable pH.

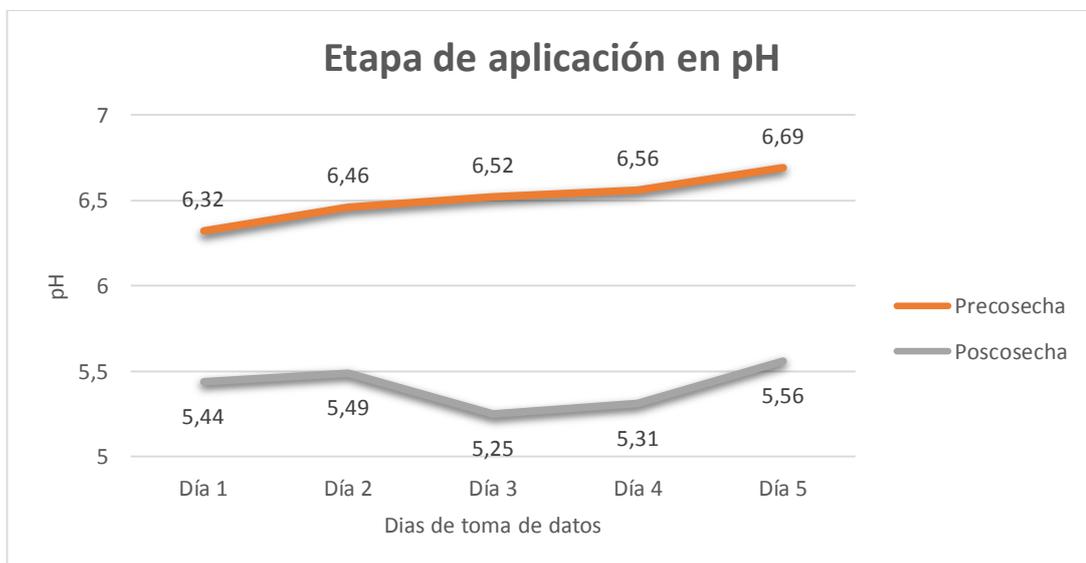
En la tabla 35 se observa en el primer, segundo, tercer, cuarto y quinto día dos rangos de significación, donde E1 (precosecha) muestra valores de pH de 6,32 ; 6,46 ; 6,52 ; 6,56 y 6,69 % respectivamente, ubicándose en el rango “B”, mientras que el E2 (poscosecha) se presentó en el rango “A” con valores de pH de 5,44 ; 5,49 ; 5,25 ; 5,31 y 5,56 respectivamente, esto debido a la disminución de ácido orgánico de la fruta (Defy, Supartha, & Wayan, 2021).

Tabla 35. Prueba de Tukey al 5% para el Factor B (Etapa de aplicación) en la variable pH (%).

Etapa	Día 1		Día 2		Día 3		Día 4		Día 5	
	Medias (pH)	Rangos								
E2:										
Poscosecha	5,44	A	5,49	A	5,25	A	5,31	A	5,56	A
E1:										
Precosecha	6,32	B	6,46	B	6,52	B	6,56	B	6,69	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Figura 24. Comparación de medias entre el Factor B (Etapa de aplicación) en la variable de pH.



Elaborado por: (Guanoluisa, 2022)

12.4.4. Prueba de Tukey para Factor C en la variable pH.

En la tabla 36 se observa que en el primer día se presentó dos rangos de significación. En el rango “B” se encontró D1 (0 ppm) y D2 (0,3 ppm) los cuales mostraron mayores valores de pH

con 6,03 y 5,89, respectivamente, mientras que en el rango “A” se ubicó D3 (0,6 ppm) con un valor de pH de 5,72.

En el cuarto día se presentó dos rangos de significación. En el rango “B” se encontró D2 (0,3 ppm) y D1 (0 ppm) con valores de 6,08 y 6,07 pH, mientras que en el rango “A” se ubicó D3 (0,6 ppm) con un valor de pH de 5,66.

En el quinto día se presentó tres rangos de significación. En el rango “C” se encontró D1 (0 ppm) con un promedio de 6,33, mientras que en el rango “B” se ubicó D2 (0,3 ppm) con media de 6,11 y en el rango “A” se encontró D1 (0 ppm) con una media de 5,94.

El pH de las fresas ozonificadas se incrementa mínimamente con valores de 5,72 a 5,79 para D3 (0,6 ppm) y 5,89 a 6,11 para D2 (0,3 ppm), mientras que en el control ocurre un mayor incremento desde 6,03 a 6,33.

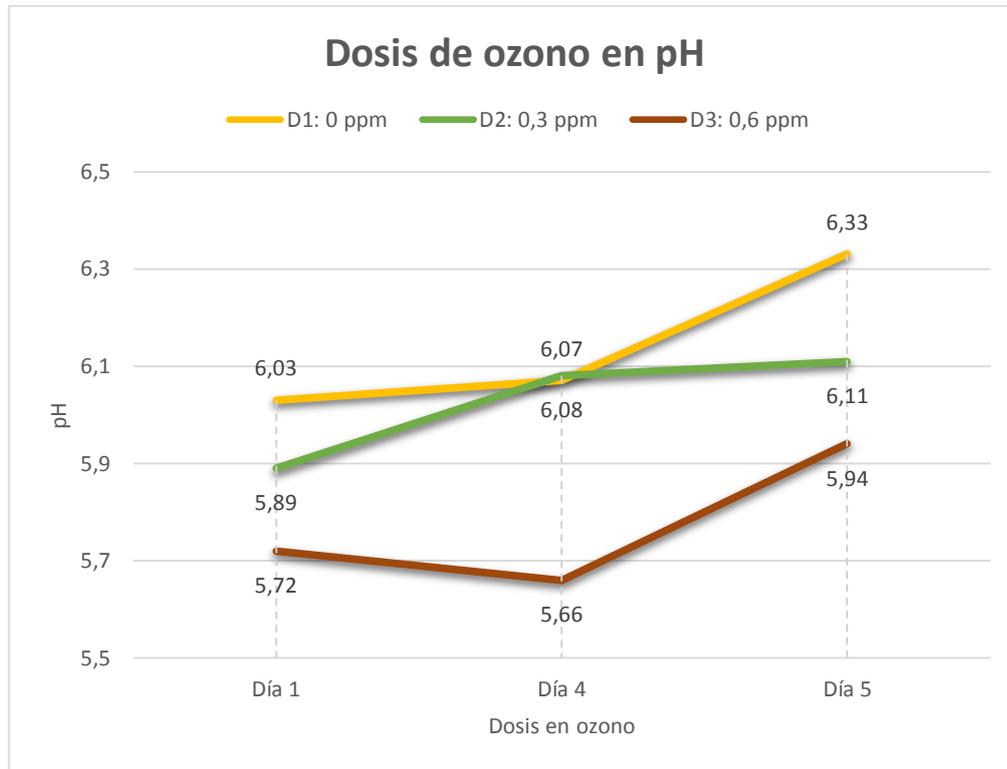
Estos resultados son similares a los (Morais, Oliveira, Franco, De Barros, & Villela, 2015) en donde fresas sin ozono presentaron un aumento de pH de 3,49 a 3,54 en el quinto día mientras que fresas tratadas con ozono mantuvieron un pH de 3,51 debido a su acción oxidante.

Según (Vargas, 2018) el control de la acides se ha vuelto muy importante para controlar la calidad del sabor ya que la acides junto a los compuestos aromáticos tiene un papel muy importante en su sabor, pues la descomposición de los mismos tiende a subir el pH con el pasar de los días. Es por esto que la fresa de control presentó un pH más alto.

Tabla 36. Prueba de Tukey al 5% para el Factor C (Dosis de ozono) en la variable pH.

Día 1			Día 4			Día 5		
Dosis	Medias (pH)	Rango	Dosis	Medias (pH)	Rango	Dosis	Medias (pH)	Rango
D3: 0,6 ppm	5,72	A	D3: 0,6 ppm	5,66	A	D3: 0,6 ppm	5,94	A
D2: 0,3 ppm	5,89	B	D1: 0 ppm	6,07	B	D2: 0,3 ppm	6,11	B
D1: 0 ppm	6,03	B	D2: 0,3 ppm	6,08	B	D1: 0 ppm	6,33	C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Figura 25. Comparación de medias entre el Factor C (Dosis de ozono) en la variable pH.

Elaborado por: (Guanoluisa, 2022)

12.4.5. Prueba de Tukey para Factor A x B en la variable pH.

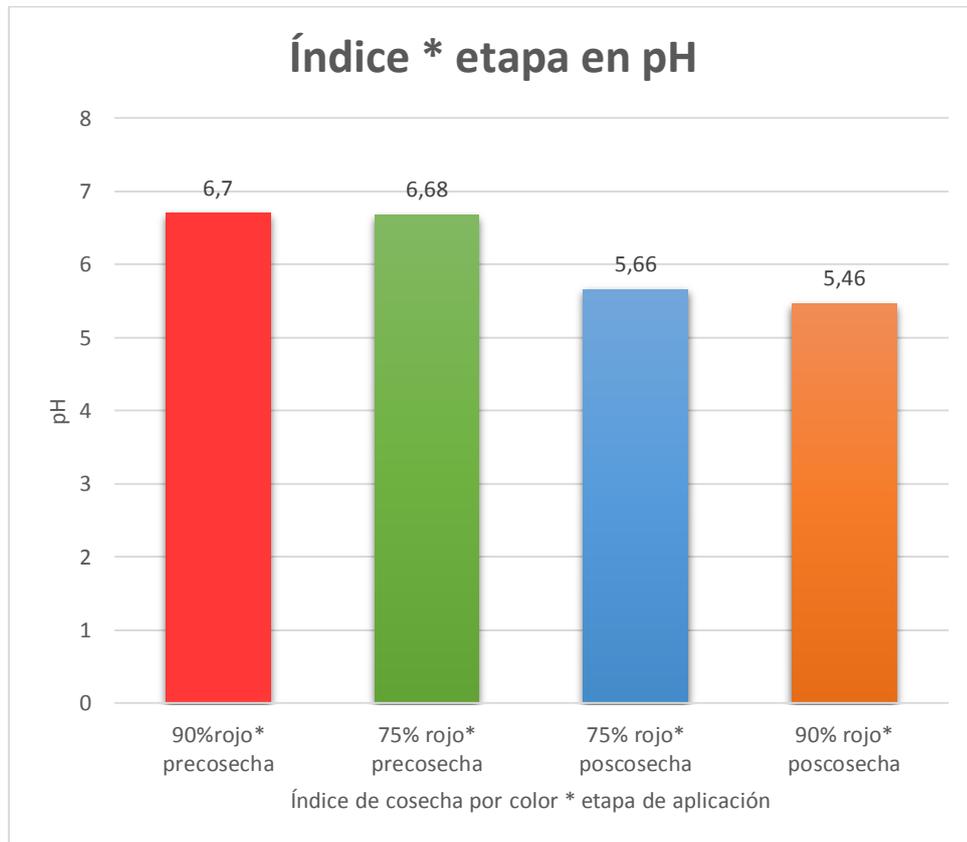
En la tabla 37 se observó los promedios y rangos obtenidos de las interacciones de índice de color por etapa de aplicación de ozono. En el quinto día existió tres rangos de significación. En el primer rango “A” se encontró C2E2 (90% rojo * poscosecha) el cual mostro menor pH con una media de 5,46, mientras que en el último rango “C” se ubicó C1E1 (75% rojo * precosecha) y C2E1 (90% rojo * precosecha) con valores de 6,68 y 6,7 pH, ratificando lo indicado anteriormente.

Tabla 37. Prueba de Tukey al 5% para la interacción del Factor A (Índice de cosecha por color) x Factor B (Etapa de aplicación) en la variable pH en el quinto día.

Día 5		
Índice* Etapa	Medias (pH)	Rango
C2E2	5,46	A
C1E2	5,66	B
C1E1	6,68	C
C2E1	6,7	C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Figura 26. Interacción del Factor A (Índice de cosecha por color) x Factor B (Etapa de aplicación) en la variable pH en el quinto día.



Elaborado por: (Guanoluisa, 2022)

12.4.6. Prueba de Tukey para Factor A x C en la variable pH.

En la tabla 38 se observa que en el primer día existió cinco rangos de significación. En el primer rango “A” se encontró C1D3 (75% rojo * 0,6 ppm) el cual mostro menor pH con un valor de 5,63, mientras que en el último rango “C” se ubicó C1D1 (75% rojo * 0 ppm) con un promedio de 6,04.

Para el tercer día existió un rango de significación. En el rango “A” oscilan valores de 5,94 a 5,83 y en primer lugar se encontró C1D2 (75% rojo * 0,3 ppm) con un valor de pH de 5,94.

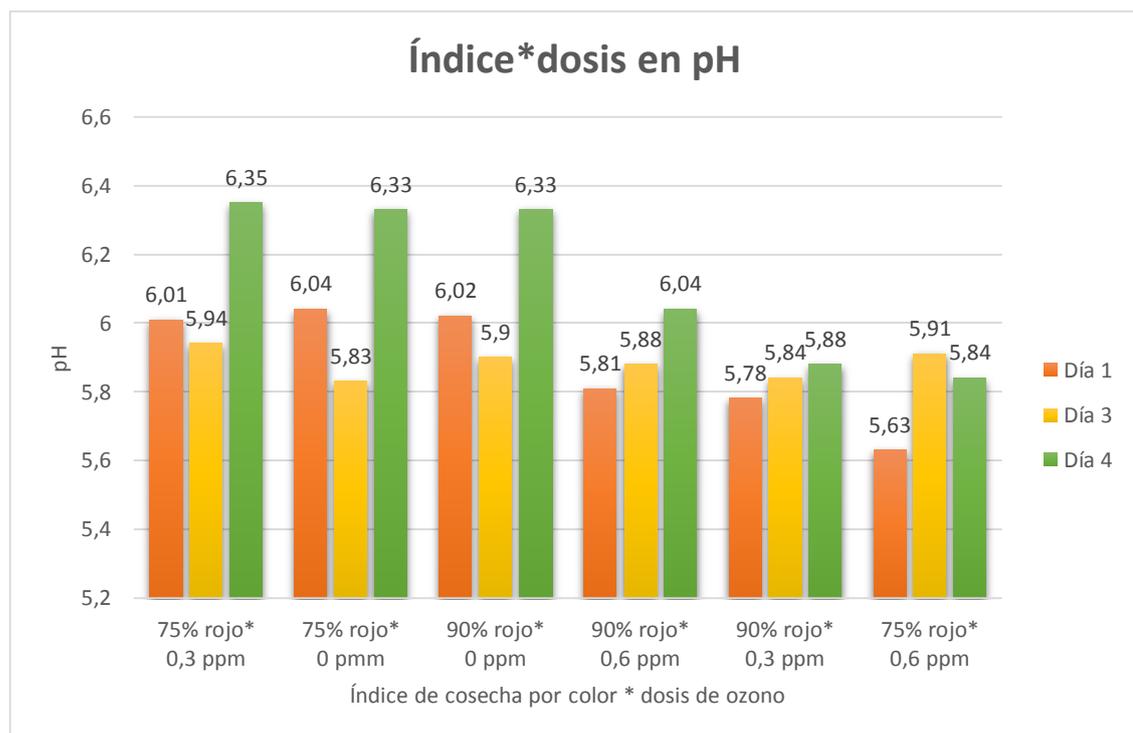
En el quinto día existió cuatro rangos de significación. En el primer rango “A” se encontró C1D2 (75% rojo * 0,3 ppm) con un promedio de 6,35 %, las demás interacciones ocuparon rangos inferiores debido a que mostraron una disminución de pH, esto debido a la presencia de ozono.

Tabla 38. Prueba de Tukey al 5% para la interacción del Factor A (Índice de cosecha por color) x Factor C (Dosis de ozono) en la variable pH.

Índice*dosis	Día 1			Día 3			Día 5		
	Medias (pH)	Rangos	AxB	Medias (pH)	Rangos	AxB	Medias (pH)	Rangos	
C1D3	5,63	A		C1D1	5,83	A	C1D3	5,84	A
C2D2	5,78	A B		C2D2	5,84	A	C2D2	5,88	A B
C2D3	5,81	A B C		C2D3	5,88	A	C2D3	6,04	B
C1D2	6,01	B C		C2D1	5,9	A	C2D1	6,33	C
C2D1	6,02	B C		C1D3	5,91	A	C1D1	6,33	C
C1D1	6,04	C		C1D2	5,94	A	C1D2	6,35	C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Figura 27. Interacción del Factor A (Índice de cosecha por color) x Factor C (Dosis de ozono) en la variable pH.



Elaborado por: (Guanoluisa, 2022)

12.4.7. Prueba de Tukey para Factor B x C en la variable pH.

En la tabla 39 se observa los promedios y rangos obtenidos de las interacciones de Etapa de aplicación por dosis de ozono. En el tercer día existió cuatro rangos de significación. En el primer rango de significación “A” se encuentra E2D2 (poscosecha * 0,3 ppm) con un valor de

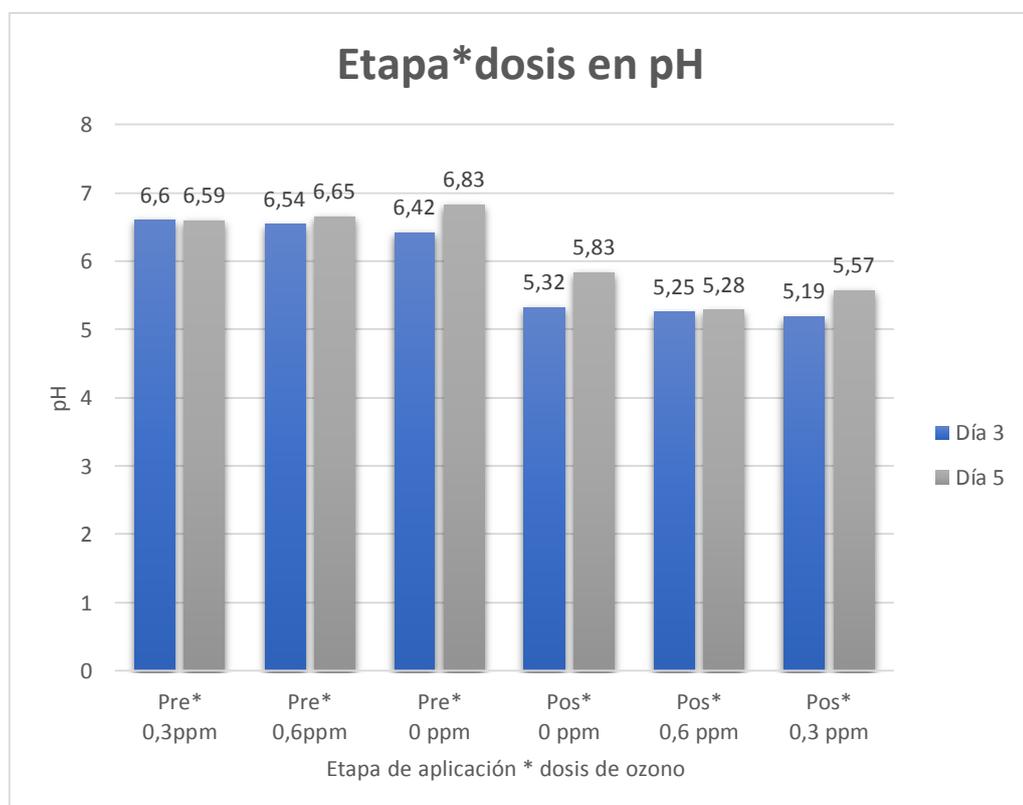
pH de 5,19 las demás interacciones ocuparon rangos inferiores debido a que mostraron mayor pH. Para el quinto día, se ubicó en primer lugar en el rango “A” E2D3 (poscosecha * 0,6 ppm) con un valor de pH de 5,28, ratificando lo indicado anteriormente.

Tabla 39. Prueba de Tukey al 5% para la interacción del Factor B (Etapa de aplicación) x Factor C (Dosis de ozono) en la variable pH.

Día 3			Día 5		
Etapa*dosis	Medias (pH)	Rango	Etapa*dosis	Medias (pH)	Rango
E2D2	5,19	A	E2D3	5,28	A
E2D3	5,25	A	E2D2	5,57	B
E2D1	5,32	A	E2D1	5,83	C
E1D1	6,42	B	E1D3	6,59	D
E1D3	6,54	B C	E1D2	6,65	D
E1D2	6,6	C	E1D1	6,83	E

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Figura 28. Interacción del Factor B (Etapa de aplicación) x Factor C (Dosis de ozono) en la variable pH.



Elaborado por: (Guanoluisa, 2022)

12.4.8. Prueba de Tukey para Factor A x B x C en la variable pH.

La interacción del factor A*B*C (índice * etapa * dosis) de la tabla 40 refleja que existe significación estadística en el variable de pH. En el primer día C1E2D3 (75 % rojo * poscosecha * 0,6 ppm) mostro menor pH con valores de 5,09, respectivamente, encontrándose en el primer rango de significación “A”. Los demás tratamientos ocuparon rangos inferiores debido a que presentaron mayor pH.

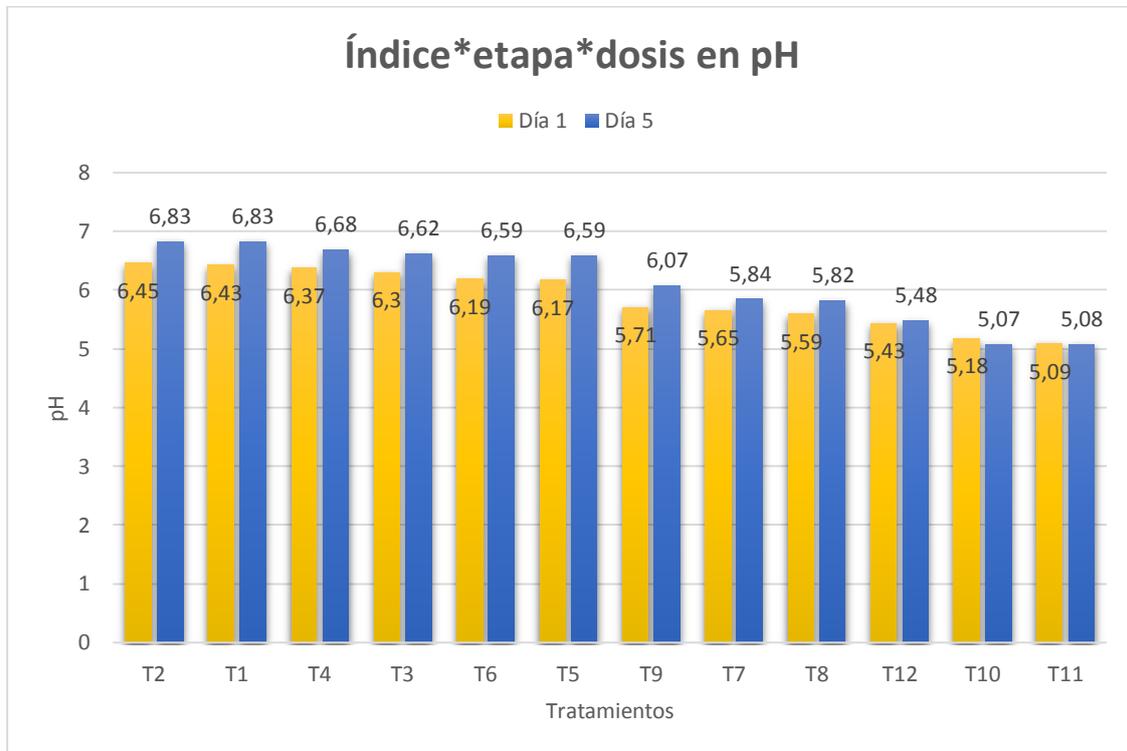
En el quinto día C2E2D2 (90 % rojo * poscosecha * 0,3 ppm) mostro menor pH con valores de 5,07, respectivamente, encontrándose en el primer rango de significación “A”. Los demás tratamientos ocuparon rangos inferiores debido a que presentaron mayor pH, ratificando lo indicado anteriormente.

Tabla 40. Prueba de Tukey al 5% para la interacción del Factor A (Índice de cosecha por color) x Factor B (Etapa de aplicación) x Factor C (Dosis de ozono) en pH.

Día 1			Día 5		
AxBxC	Medias (pH)	Rango	AxBxC	Medias (pH)	Rango
C1E2D3	5,09	A	C2E2D2	5,07	A
C2E2D2	5,18	A B	C1E2D3	5,08	A
C2E2D3	5,43	A B C	C2E2D3	5,48	B
C2E2D1	5,59	B C	C2E2D1	5,82	C
C1E2D1	5,65	C	C1E2D1	5,84	C
C1E2D2	5,71	C	C1E2D2	6,07	C
C1E1D3	6,17	D	C1E1D3	6,59	D
C2E1D3	6,19	D	C2E1D3	6,59	D
C1E1D2	6,3	D	C1E1D2	6,62	D
C2E1D2	6,37	D	C2E1D2	6,68	D
C1E1D1	6,43	D	C1E1D1	6,83	D
C2E1D1	6,45	D	C2E1D1	6,83	D

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Figura 29. Interacción del Factor A (Índice de cosecha por color) x Factor B (Etapa de aplicación) x Factor C (Dosis de ozono) en pH.



Elaborado por: (Guanoluisa, 2022)

En la figura 29 observamos que el tratamiento 10 (C2E2D2: 90 % rojo * poscosecha * 0,3 ppm) ocupa los promedios más bajos, sobresaliendo de los demás tratamientos con un valor de pH de 5,07 en el último día, mientras que el tratamiento 2 (C2E1D0: 90% rojo * poscosecha * 0 ppm) registro los valores más altos de pH con un valor de 6,83 en el último día de la investigación.

12.5. SÓLIDOS SOLUBLES

12.5.1. Análisis de varianza

De acuerdo a los resultados obtenidos luego de aplicar el análisis de varianza ADEVA para la variable de sólidos solubles, se observó en la tabla 41 que en el primer día existió significancia estadística para las fuentes de variación índice, etapa y las interacciones índices*etapa, índice*dosis y índice*etapa*dosis las otras fuentes de variación no tuvieron significancia estadística y se obtuvo un coeficiente de variación de 8,76 % con un promedio de 7,01 °Brix.

En el segundo día existió significancia estadística para las fuentes de variación índice, etapa y las interacciones índices*dosis y índice*etapa*dosis, las demás fuentes de variación no tuvieron significancia estadística y alcanzaron un coeficiente de variación de 10,38 % con un promedio de 6,79 °Brix.

Para el tercer día existió significancia estadística para las fuentes de variación etapa y las interacciones índices*dosis, etapa*dosis y índice*etapa*dosis, las demás fuentes de variación no tuvieron significancia estadística y alcanzó un coeficiente de variación de 8,67% con un promedio de 7,65 °Brix.

En el cuarto día la significancia estadística fue para las fuentes de variación etapa, dosis y la interacción de etapa*dosis, las otras fuentes de variación no tuvieron significancia estadística, se obtuvo un coeficiente de variación de 11,28 % con un promedio de 7,02 °Brix.

En el quinto día se evidenció significancia estadística para las fuentes de variación etapa y las interacciones índices*dosis y índice*etapa*dosis, las demás fuentes de variación no tuvieron significancia estadística y se obtuvo un coeficiente de variación de 9,32% con un promedio de 6,41 °Brix

Tabla 41. Análisis de varianza (ADEVA) para sólidos solubles en la evaluación de ozono en fresas.

F.V.	gl	Día 1		Día 2		Día 3		Día 4		Día 5	
		p-valor	sig.								
Repetición	2	0,9349	ns	0,1507	ns	0,5972	ns	0,4689	ns	0,6521	ns
Índice (A)	1	0,0025	*	0,0069	*	0,2261	ns	0,2507	ns	0,8253	ns
Etapa (B)	1	<0,0001	*	<0,0001	*	<0,0001	*	<0,0001	*	<0,0001	*
Dosis (C)	2	0,4624	ns	0,1909	ns	0,5994	ns	0,0446	*	0,5975	ns
Índice*Etapa (A*B)	1	<0,0001	*	0,5763	ns	0,2261	ns	0,1333	ns	0,3257	ns
Índice*Dosis (A*C)	2	0,0002	*	0,0002	*	0,0080	*	0,0591	ns	0,0194	*
Etapa*Dosis (B*C)	2	0,0578	ns	0,4952	ns	0,0004	*	0,0025	*	0,5154	ns
Índice*Etapa*Dosis (A*B*C)	2	<0,0001	*	0,0002	*	<0,0001	*	0,1588	ns	0,0042	*
Error	22										
Total	35										
CV (%)		8,76		10,38		8,67		11,28		9,32	
Promedio		7,01		6,79		7,56		7,02		6,41	

• CV= coeficiente de variación

ns = no significativo

* = diferencias significativas al 5%

12.5.2. Prueba de Tukey para Factor A en la variable Sólidos solubles.

En la tabla 42 se presentó los promedios y rangos obtenidos por cada índice de color. En el primer y segundo día se presentó dos rangos de significación, donde C2 (90% rojo) se ubicó en el rango “A”, con promedios de 7,36 y 7,14 °Brix, mientras que C1 (75% rojo) se presentó en el rango “B” con promedios de 6,66 y 6,44 °Brix.

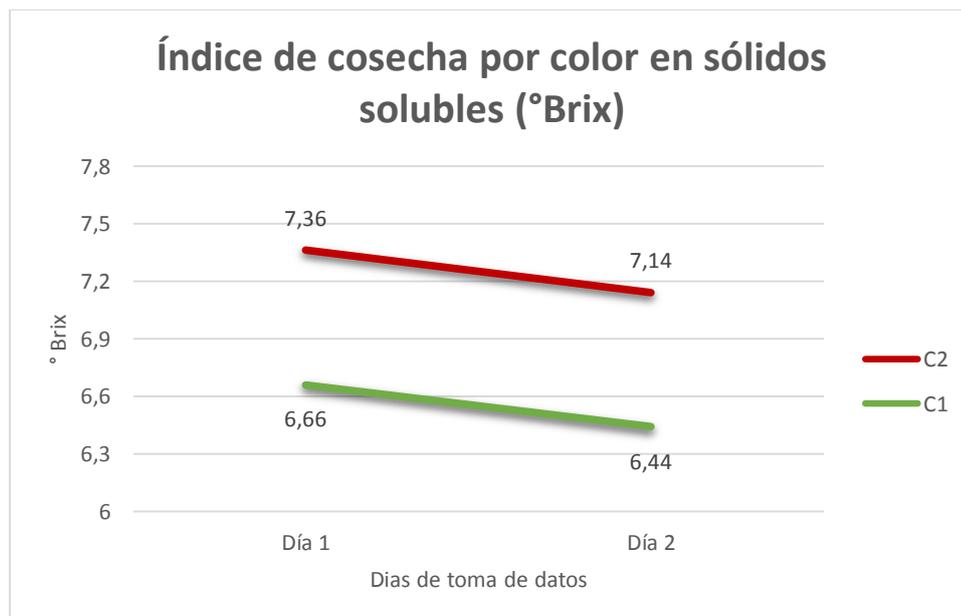
Los resultados del presente estudio concuerdan con los registrados por López Valencia, Sánchez Gómez, Acuña Caita, & Fischer (2018), que obtuvo mayor acumulación de SST en la madurez completa del fruto (5), y menor concentración en los estados de madurez (0, 1, 2 y 3) esto debido a que los sólidos solubles de la fresa tienden a incrementarse durante la maduración del fruto.

Tabla 42. Prueba de Tukey al 5% para el Factor A (Índice de cosecha por color) en la variable sólidos solubles (°Brix).

Índice	Día 1		Día 2	
	Medias (°Brix)	Rangos	Medias (°Brix)	Rangos
C2	7,36	A	7,14	A
C1	6,66	B	6,44	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Figura 30. Comparación de medias entre el Factor A (Índice de cosecha por color) en la variable sólidos solubles (°Brix).



Elaborado por: (Guanoluisa, 2022)

12.5.3. Prueba de Tukey para Factor B en la variable Sólidos solubles.

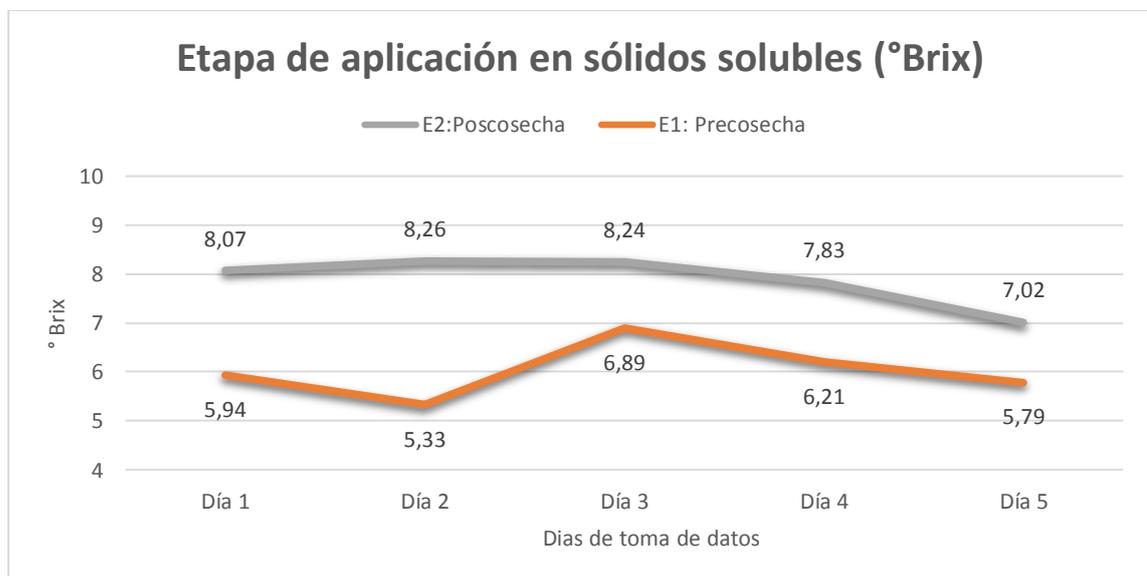
En la tabla 43 se observó que en el primer, segundo, tercer, cuarto y quinto día dos rangos de significación, donde E2 (poscosecha) mostro mayor contenido de sólidos solubles con promedios de 8,07 ; 8,26 ; 8,24 ; 7,38 y 7,02 °Brix, ubicándose en el rango “A”, mientras E1 (precosecha) se presentó en el rango “B” con valores de 5,94 ; 5,33 ; 6,89 ; 6,21 y 5,79 °Brix.

Tabla 43. Prueba de Tukey al 5% para el Factor B (Etapa de aplicación) en la variable de sólidos solubles (°Brix).

Etapa	Día 1		Día 2		Día 3		Día 4		Día 5	
	Medias (°Brix)	Rangos								
E2:										
Poscosecha	8,07	A	8,26	A	8,24	A	7,83	A	7,02	A
E1:										
Precosecha	5,94	B	5,33	B	6,89	B	6,21	B	5,79	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Figura 31. Comparación de medias entre el Factor B (Etapa de aplicación) en la variable de sólidos solubles (°Brix).



Elaborado por: (Guanoluisa, 2022)

12.5.4. Prueba de Tukey para Factor C en la variable Sólidos solubles.

En la tabla 44 se observa que en el cuarto día se presentó tres rangos de significación. En el rango “A” se encontró D3 (0,6 ppm) con mayor contenido de sólidos solubles con 7,34 °Brix, respectivamente, mientras que en el rango “AB” se presentó D1 (0 ppm) con una media de 7,18

°Brix y en rango “B” se encontró D2 (0,3 ppm) con un promedio de 6,53 °Brix, esto debido a que el ozono puede haber provocado un choque oxidativo en el metabolismo de los azúcares, lo que provoca un cambio en su ruta metabólica que se vuelve más lenta (Andreas A, Akrida Demertzi, Demertzis, & Kyriakos A, 2021).

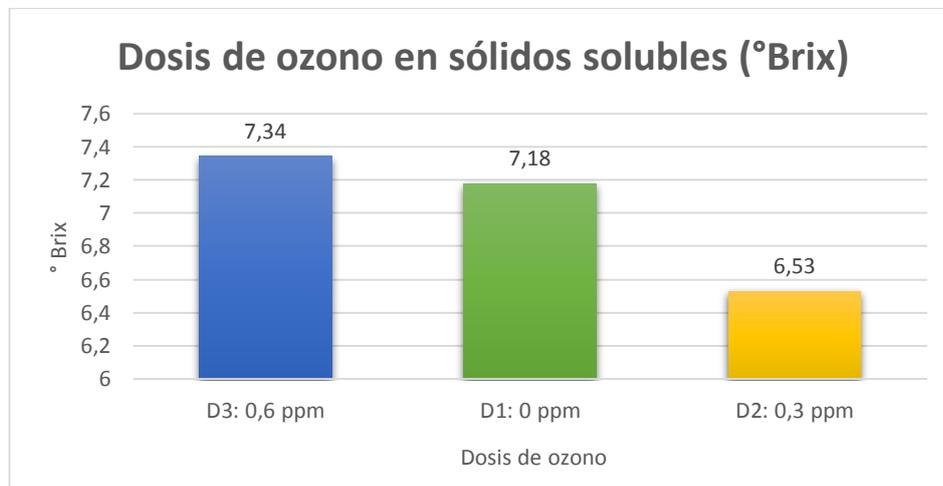
Estos resultados son similares a los de Arnal, Salvador, & Martínez (2005) donde la fruta tratada con ozono presentó unos valores de sólidos solubles totales mayores (18 °Brix) que los de la fruta no tratada (16,9 °Brix).

Tabla 44. Prueba de Tukey al 5% para el Factor C (Dosis de ozono) en la variable sólidos solubles (°Brix) en el cuarto día.

Día 4		
Dosis	Medias (°Brix)	Rango
D3: 0,6 ppm	7,34	A
D1: 0 ppm	7,18	A B
D2: 0,3 ppm	6,53	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Figura 32. Comparación de medias entre el Factor C (Dosis de ozono) en la variable sólidos solubles (°Brix) en el cuarto día.



Elaborado por: (Guanoluisa, 2022)

12.5.5. Prueba de Tukey para Factor A x B en la variable Sólidos solubles.

En la tabla 45 se observó los promedios y rangos obtenidos de las interacciones de índice de color por etapa de aplicación de ozono en sólidos solubles. En el primer día existió tres rangos de significación. En el primer rango “A” se encontró C2E2 (90% rojo*poscosecha) el cual

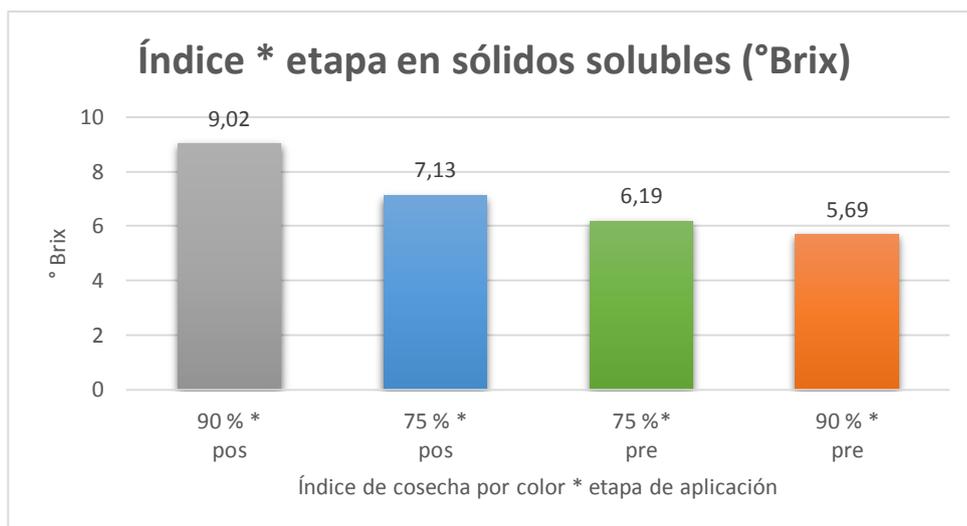
mostro mayor contenido de sólidos solubles con un promedio de 9,02 °Brix, las demás interacciones se ubicaron los rangos inferiores.

Tabla 45. Prueba de Tukey al 5% para la interacción del Factor A (Índice de cosecha por color) x Factor B (Etapa de aplicación) en la variable sólidos solubles (°Brix) en el primer día.

Día 1		
Índice* Etapa	Medias (°Brix)	Rango
C2E2	9,02	A
C1E2	7,13	B
C1E1	6,19	C
C2E1	5,69	C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Figura 33. Interacción del Factor A (Índice de cosecha por color) x Factor B (Etapa de aplicación) en la variable sólidos solubles (°Brix) en el primer día.



Elaborado por: (Guanoluisa, 2021)

12.5.6. Prueba de Tukey para Factor A x C en la variable Sólidos solubles.

En la tabla 46 se observa los promedios y rangos obtenidos de las interacciones de índice de color por dosis de ozono en el contenido de sólidos solubles. En el primer, segundo y tercer día existió tres rangos de significación, se ubicó en primer lugar en el rango “A” C2D3 (90% rojo* 0,6 ppm) con promedios de 7,75; 8,12 y 8,27 °Brix, respectivamente, el resto de interacciones ocuparon rangos inferiores debido a que mostraron menor contenido de sólidos solubles. En el quinto día existió tres rangos de significación. En el primer rango “A” se encontró C2D1 (90% rojo * 0 ppm) y C1D2 (75% rojo * 0,3 ppm) con promedios de 6,93 y 6,75 °Brix,

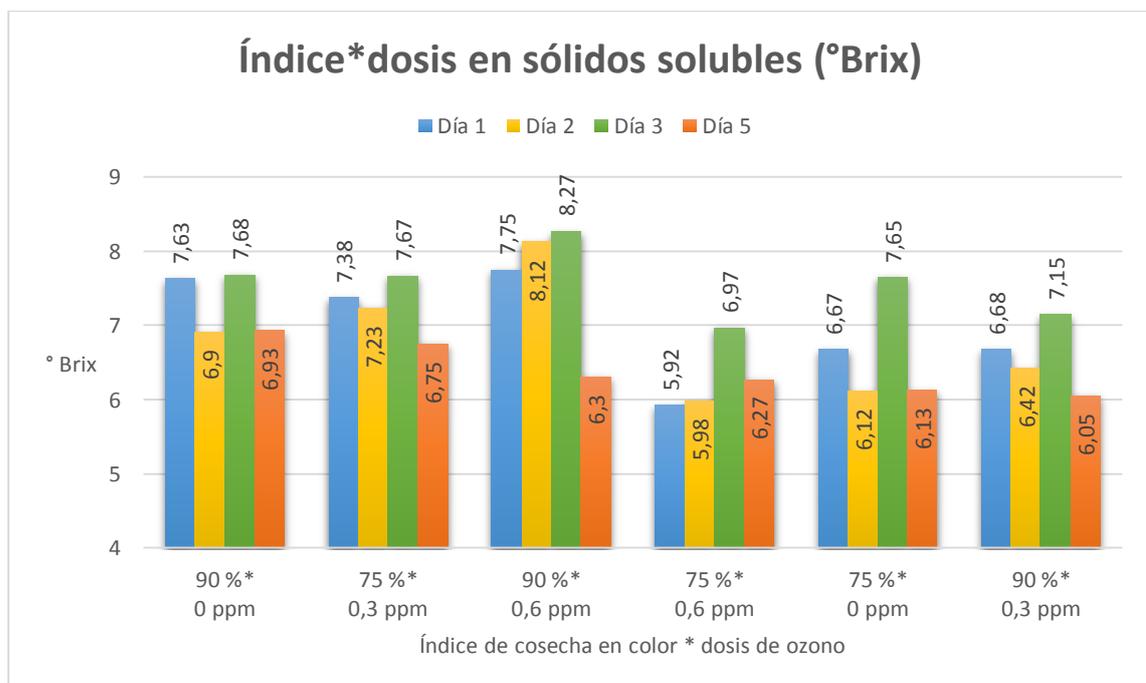
respectivamente, las demás interacciones ocuparon rangos inferiores. Estos resultados se deben a la interacción de los índices de cosecha y a la concentración de ozono según lo mencionado por (López Valencia, Sánchez Gómez, Acuña Caita, & Fischer, 2018) & (Zhang, Li, Zhang, & Chenghu, 2020).

Tabla 46. Prueba de Tukey al 5% para la interacción del Factor A (Índice de cosecha por color) x Factor C (Dosis de ozono) en la variable de sólidos solubles (°Brix).

Índice* dosis	Día 1			Día 2			Día 3			Día 5	
	Medias (°Brix)	Rango	A x C	Medias (°Brix)	Rango	A x C	Medias (°Brix)	Rango	A x C	Medias (°Brix)	Rango
C2D3	7,75	A	C2D3	8,12	A	C2D3	8,27	A	C2D1	6,93	A
C2D1	7,63	A	C1D2	7,23	A B	C2D1	7,68	A B	C1D2	6,75	A
C1D2	7,38	A	C2D1	6,9	A B	C1D2	7,67	A B	C2D3	6,3	A B
C2D2	6,68	A B	C2D2	6,42	B	C1D1	7,65	A B	C1D3	6,27	A B
C1D1	6,67	A B	C1D1	6,12	B	C2D2	7,15	A B	C1D1	6,13	B
C1D3	5,92	B	C1D3	5,98	B	C1D3	6,97	B	C2D2	6,05	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Figura 34. Interacción del Factor A (Índice de cosecha por color) x Factor C (Dosis de ozono) en la variable de sólidos solubles (°Brix).



Elaborado por: (Guanoluisa, 2021)

12.5.7. Prueba de Tukey para Factor B x C en la variable Sólidos solubles.

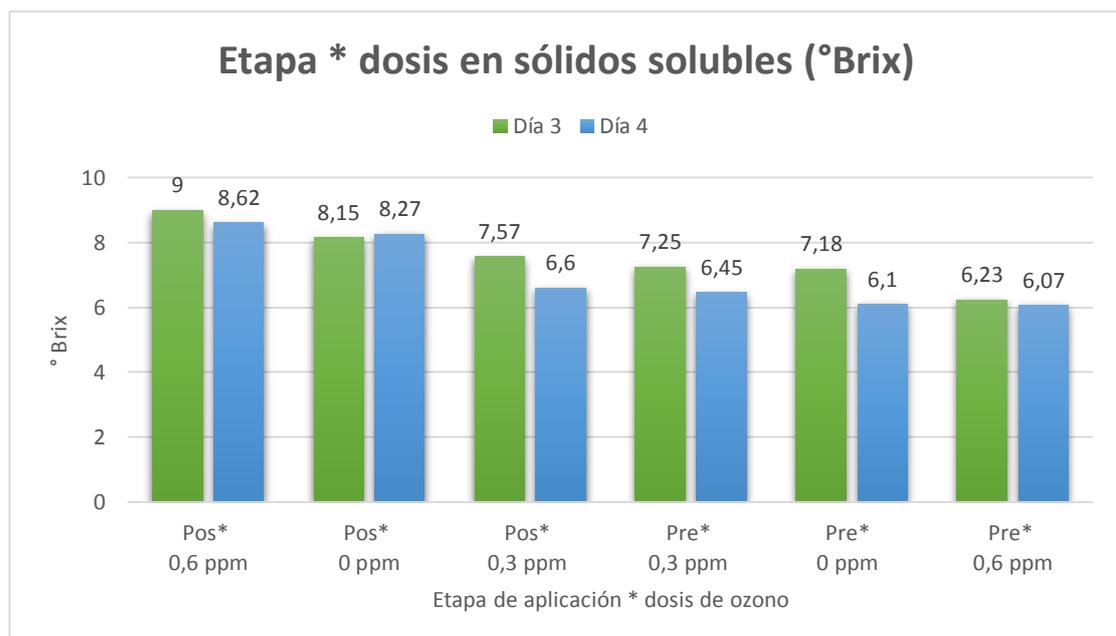
En la tabla 47 se observa los promedios y rangos obtenidos de las interacciones de Etapa de aplicación por dosis de ozono en el contenido de sólidos solubles. En el tercer y cuarto día, se ubicó en primer lugar en el rango “A” E2D3 (poscosecha * 0,6 ppm) con promedios de 9 y 8,62 °Brix, respectivamente, las demás interacciones ocuparon rangos inferiores debido a que mostraron menor contenido de sólidos solubles, ratificando lo indicado anteriormente.

Tabla 47. Prueba de Tukey al 5% para la interacción del Factor B (Etapa de aplicación) x Factor C (Dosis de ozono) en la variable de sólidos solubles (°Brix).

Etapa*dosis	Día 3		Día 4	
	Medias (°Brix)	Rango	Medias (°Brix)	Rango
E2D3	9	A	8,62	A
E2D1	8,15	A B	8,27	A
E2D2	7,57	B	6,6	B
E1D2	7,25	B C	6,45	B
E1D1	7,18	B C	6,1	B
E1D3	6,23	C	6,07	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Figura 35. Interacción del Factor B (Etapa de aplicación) x Factor C (Dosis de ozono) en la variable de sólidos solubles (°Brix).



Elaborado por: (Guanoluisa, 2021)

12.5.8. Prueba de Tukey para Factor A x B x C en la variable Sólidos solubles.

La interacción del factor A*B*C (índice * etapa * dosis) de la tabla 48 refleja que existe significación estadística en el variable de sólidos solubles. En el primer, segundo, tercer y quinto día se presentó en primer lugar en el rango “A” C2E2D3 (90% rojo * poscosecha * 0.6 ppm) con promedios de 9,8 ; 10,27 ; 11,03 y 7,4 °Brix, los demás tratamientos ocuparon rangos inferiores debido a que presentaron menor contenido de sólidos solubles.

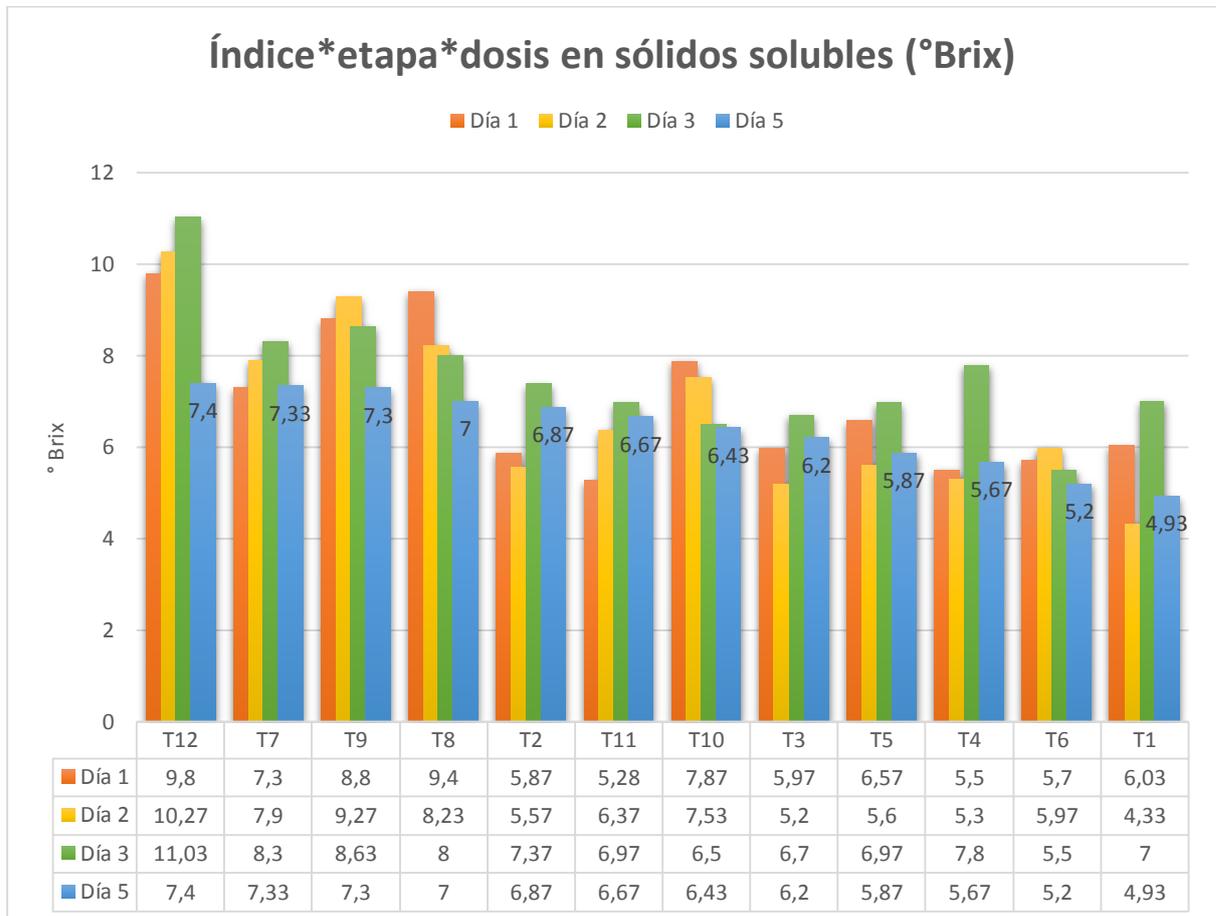
Como se muestra en la figura 36, el contenido de sólidos solubles aumentó primero y luego disminuyó en fresas de control y fresas ozonificadas a lo largo del período de almacenamiento, con un pico en el tercer día. Sin embargo, el TSS de fresas sin ozono disminuyó rápidamente después del tiempo pico, esto debido a la acción oxidativa del ozono (Andreas A, Akrida Demertzi, Demertzis, & Kyriakos A, 2021) mientras que el contenido de TSS se mantuvo en un nivel alto en el grupo tratado con ozono, estos resultados son similares a los de (Zhang, Li, Zhang, & Chenghu, 2020) que llegaron a la misma conclusión en fresas tratadas con ozono.

Tabla 48. Prueba de Tukey al 5% para la interacción del Factor A (Índice de cosecha por color) x Factor B (Etapa de aplicación) x Factor C (Dosis de ozono) en la variable de sólidos solubles (°Brix).

Día 1			Día 2			Día 3			Día 5		
AxBxC	Medias (°Brix)	Rango	AxBxC	Medias (°Brix)	Rango	AxBxC	Medias (°Brix)	Rango	AxBxC	Medias (°Brix)	Rango
C2E2D3	9,8	A	C2E2D3	10,27	A	C2E2D3	11,03	A	C2E2D3	7,4	A
C2E2D1	9,4	A B	C1E2D2	9,27	A B	C1E2D2	8,63	B	C1E2D1	7,33	A
C1E2D2	8,8	A B C	C2E2D1	8,23	A B C	C1E2D1	8,3	B C	C1E2D2	7,3	A
C2E2D2	7,87	B C D	C1E2D1	7,9	B C D	C2E2D1	8	B C	C2E2D1	7	A
C1E2D1	7,3	C D E	C2E2D2	7,53	B C D E	C2E1D2	7,8	B C	C2E1D1	6,87	A B
C1E1D3	6,57	D E F	C1E2D3	6,37	C D E F	C2E1D1	7,37	B C D	C1E2D3	6,67	A B C
C1E1D1	6,03	E F	C2E1D3	5,97	D E F	C1E1D1	7	B C D	C2E2D2	6,43	A B C
C1E1D2	5,97	E F	C1E1D3	5,6	E F	C1E2D3	6,97	B C D	C1E1D2	6,2	A B C
C2E1D1	5,87	E F	C2E1D1	5,57	E F	C1E1D3	6,97	B C D	C1E1D3	5,87	A B C
C2E1D3	5,7	E F	C2E1D2	5,3	F	C1E1D2	6,7	B C D	C2E1D2	5,67	A B C
C2E1D2	5,5	E F	C1E1D2	5,2	F	C2E2D2	6,5	C D	C2E1D3	5,2	B C
C1E2D3	5,28	F	C1E1D1	4,33	F	C2E1D3	5,5	D	C1E1D1	4,93	C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Figura 36. Interacción del Factor A (Índice de cosecha por color) x Factor B (Etapa de aplicación) x Factor C (Dosis de ozono) en la variable de sólidos solubles (°Brix).



Elaborado por: (Guanoluisa, 2021)

En la figura 36 observamos que el tratamiento 12 (C2E2D3: 90% rojo * poscosecha * 0.6 ppm) posee mayor contenido de TSS, sobresaliendo de los demás tratamientos con un contenido de 7,4 °Brix en el último día, mientras que el tratamiento T1 (C1E1D1: 75% rojo * precosecha * 0 ppm) registro los valores más bajos con un contenido de TSS de 4,93 °Brix en el último día de la investigación.

12.6. HUMEDAD

12.6.1. Análisis de varianza

De acuerdo a los resultados obtenidos luego de aplicar el análisis de varianza ADEVA para la variable humedad, se observó en la tabla 49 que en la primera toma existió significancia estadística para las fuentes de variación índice, etapa y la interacción índice*etapa*dosis las otras fuentes de variación no tuvieron significancia estadística y se obtuvo un coeficiente de variación de 1,68 % con un promedio de 89,65%.

Para la segunda toma existió significancia estadística para las fuentes de variación índice, las demás fuentes de variación no tuvieron significancia estadística y alcanzó un coeficiente de variación de 1,1 % con un promedio de 90%.

Tabla 49. Análisis de varianza (ADEVA) para humedad en la evaluación de ozono en fresas.

F.V.	TOMA 1				TOMA 2			
	gl	F	p-valor	sig.	F	p-valor	sig.	
Repetición	2	0,09	0,9173	ns	0,11	0,8942	Ns	
Índice (A)	1	4,57	0,0439	*	6,15	0,0212	*	
Etapa (B)	1	14,17	0,0011	*	1,82	0,1909	Ns	
Dosis (C)	2	1,96	0,1645	ns	0,27	0,768	Ns	
Índice*Etapa (A*B)	1	0,27	0,6113	ns	4,11	0,0548	Ns	
Índice*Dosis (A*C)	2	0,99	0,3889	ns	0,09	0,9137	Ns	
Etapa*Dosis (B*C)	2	0,41	0,6704	ns	0,26	0,7706	Ns	
Índice*Etapa*Dosis (A*B*C)	2	7,28	0,0037	*	0,04	0,9618	Ns	
Error	22							
Total	35							
CV (%)		1,68			1,1			
Promedio		89,65			90			

- CV= coeficiente de variación
- ns = no significativo
- * = diferencias significativas al 5%

12.6.2. Prueba de Tukey para Factor A en la variable humedad.

En la tabla 50 se presentó los promedios y rangos obtenidos por cada índice de color. En la primera y segunda toma se presentó dos rangos de significación, donde C1 (índice en blanco y rojo) se ubicó en el rango “A”, con promedios de 90,18 y 90,41 %, mientras que C2 (índice en rojo) se presentó en el rango “B” con promedios de 89,11 y 89,59 % esto debido a la deshidratación de la fruta

Estos resultados son similares a los de (Tomaico Tipan, 2020) en donde el índice de cosecha en verde fue el que presento mayor humedad con un promedio de 96,62% mientras que el índice de cosecha en rojo fue la menor humedad con un valor de 96,13%. La pérdida de humedad fue más evidente al transcurrir los días, a mayor pérdida de agua, menor humedad.

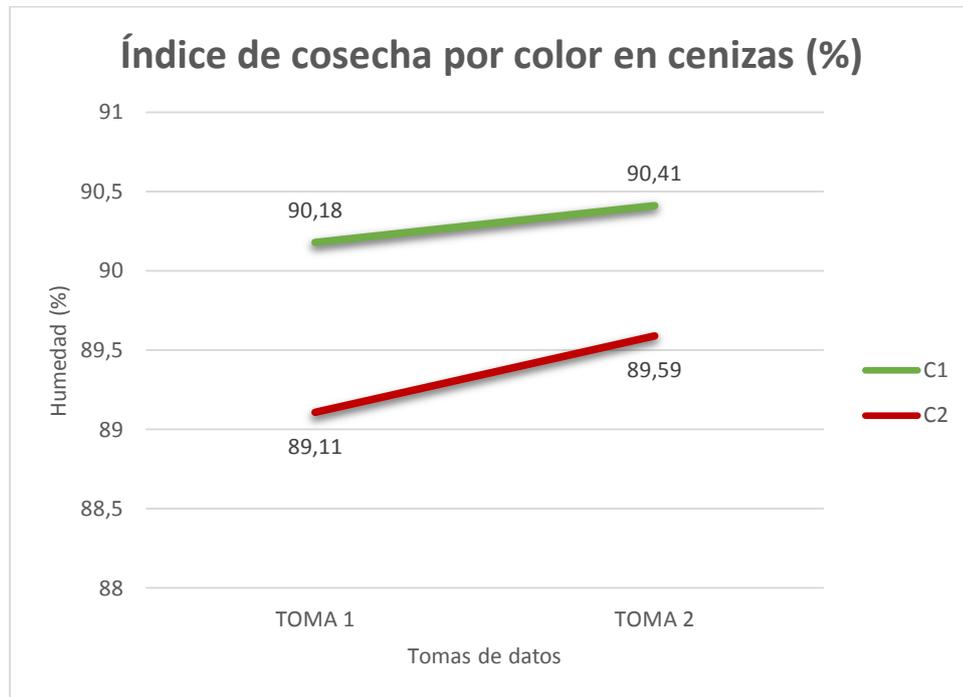
Estos resultados son contrarios a los encontrados por (Chicaiza, 2015) en donde fresas del estado 5 contienen mayor humedad (81,10%) que los del estado 4 (79,96%), esto debido a que en la etapa de crecimiento los frutos tienen un abastecimiento abundante de agua a través del sistema radicular de la planta con el incremento de la humedad a medida que las frutas avanza en su maduración .

Tabla 50. Prueba de Tukey al 5% para el Factor A (Índice de cosecha por color) en la variable humedad (%).

Índice	TOMA 1		TOMA 2	
	Medias (%)	Rangos	Medias (%)	Rangos
C1	90,18	A	90,41	A
C2	89,11	B	89,59	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Figura 37. Comparación de medias entre el Factor A (Índice de cosecha por color) en la variable humedad (%).



Elaborado por: (Guanoluisa, 2021)

12.6.3. Prueba de Tukey para Factor B en la variable humedad.

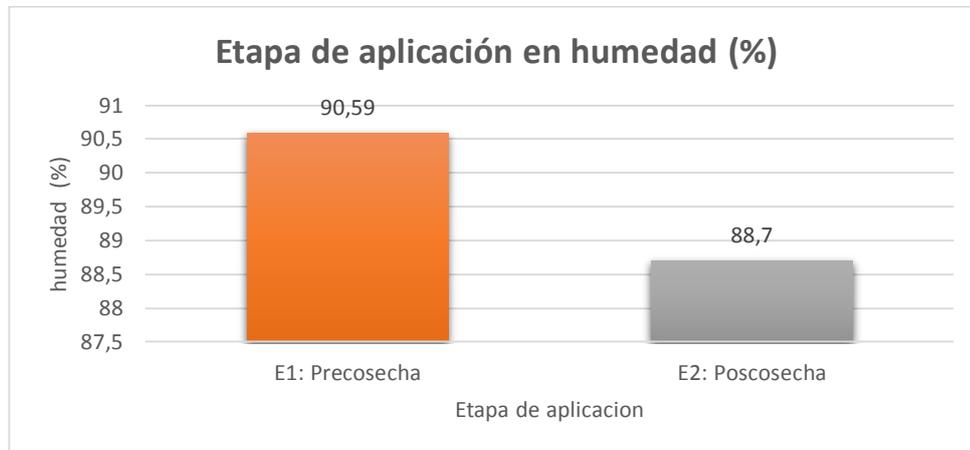
En la tabla 51 se observó que en la primera toma dos rangos de significación, donde E1 (precosecha) mostro mayor porcentaje de humedad con un promedio de 90,59 %, ubicándose en el rango “A”, mientras que E2 (poscosecha) se presentó en el rango “B” con un promedio de 88,7 %.

Tabla 51. Prueba de Tukey al 5% para el Factor B (Etapa de aplicación) en la variable humedad (%) en la primera toma.

TOMA 1		
Etapa	Medias (%)	Rangos
E1: Precosecha	90,59	A
E2: Poscosecha	88,7	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Figura 38. Comparación de medias entre el Factor B (Etapa de aplicación) en la variable humedad (%) en la primera toma.



Elaborado por: (Guanoluisa, 2021)

12.6.4. Prueba de Tukey para Factor A x B x C en la variable humedad.

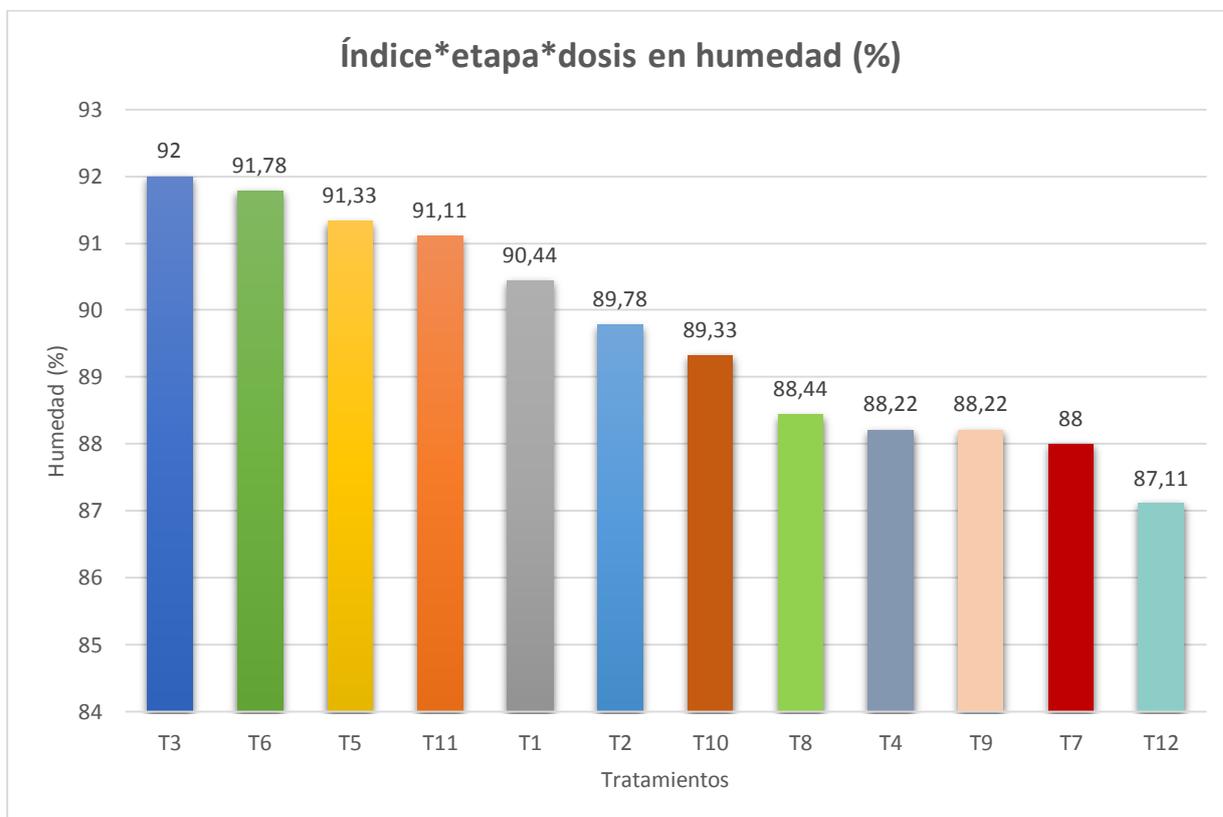
La interacción del factor A*B*C (índice * etapa * dosis) de la tabla 52 refleja que existe significación estadística en el variable cenizas. En la primera toma se presentó en primer lugar en el rango “A” C1E1D2 (75% rojo* precosecha * 0,3 ppm) y C2E1D3 (90% rojo * precosecha * 0,6 ppm) con promedios de 92 y 91,78 (%), los demás tratamientos ocuparon rangos inferiores debido a que presentaron menor humedad.

Tabla 52. Prueba de Tukey al 5% para la interacción del Factor A (Índice de cosecha por color) x Factor B (Etapa de aplicación) x Factor C (Dosis de ozono) en la variable humedad (%).

TOMA 1		
A x B x C	Medias (%)	Rangos
C1E1D2	92	A
C2E1D3	91,78	A
C1E1D3	91,33	A B
C1E2D3	91,11	A B
C1E1D1	90,44	A B
C2E1D1	89,78	A B
C2E2D2	89,33	A B
C2E2D1	88,44	A B
C2E1D2	88,22	A B
C1E2D2	88,22	A B
C1E2D1	88	A B
C2E2D3	87,11	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Figura 39. Interacción del Factor A (Índice de cosecha por color) x Factor B (Etapa de aplicación) x Factor C (Dosis de ozono) en la variable humedad (%) en la primera toma.



Elaborado por: (Guanoluisa, 2021)

En la figura 39 observamos que el tratamiento 3 (C1E1D2: índice en blanco y rojo * precosecha * 0,3 ppm) poseen mayor humedad, sobresaliendo de los demás tratamientos con un promedio de 92 %, mientras que el tratamiento 12 (C2E2D3: índice en rojo * poscosecha * 0,6 ppm) registro los valores más bajos con un porcentaje de humedad de 87,11 %.

12.7. CENIZAS

12.7.1. Análisis de varianza

De acuerdo a los resultados obtenidos luego de aplicar el análisis de varianza ADEVA para la variable cenizas, se observó en la tabla 53 que en la primera toma existió significancia estadística para las fuentes de variación etapa, dosis y las interacciones índices*etapa, índice*dosis, etapa*dosis y índice*etapa*dosis las otras fuentes de variación no tuvieron significancia estadística y se obtuvo un coeficiente de variación de 9,15 % con un promedio de 12,96%.

Para la segunda toma existió significancia estadística para las fuentes de variación etapa, dosis y las interacciones índices*dosis, etapa*dosis y índice*etapa*dosis, las demás fuentes de variación no tuvieron significancia estadística y alcanzaron un coeficiente de variación de 15,25 % con un promedio de 29,38 %.

Tabla 53. Análisis de varianza (ADEVA) para cenizas en la evaluación de ozono en fresas.

F.V.	gl	TOMA 1			TOMA 2		
		F	p-valor	sig.	F	p-valor	sig.
Repetición	2	1,18	0,3273	ns	0,06	0,9445	ns
Índice (A)	1	0,43	0,5168	ns	1,73	0,2021	ns
Etapa (B)	1	2001,72	<0,0001	*	133,67	<0,0001	*
Dosis (C)	2	150,09	<0,0001	*	4,04	0,0319	*
Índice*Etapa (A*B)	1	47,14	<0,0001	*	0,12	0,7313	ns
Índice*Dosis (A*C)	2	33,73	<0,0001	*	12,05	0,0003	*
Etapa*Dosis (B*C)	2	161,84	<0,0001	*	7,78	0,0028	*
Índice*Etapa*Dosis (A*B*C)	2	27,83	<0,0001	*	6,6	0,0057	*
Error	22						
Total	35						
CV (%)		9,15			15,25		
Promedio		12,69			29,38		

- CV= coeficiente de variación
- ns = no significativo
- * = diferencias significativas al 5%

12.7.2. Prueba de Tukey para Factor B en la variable cenizas.

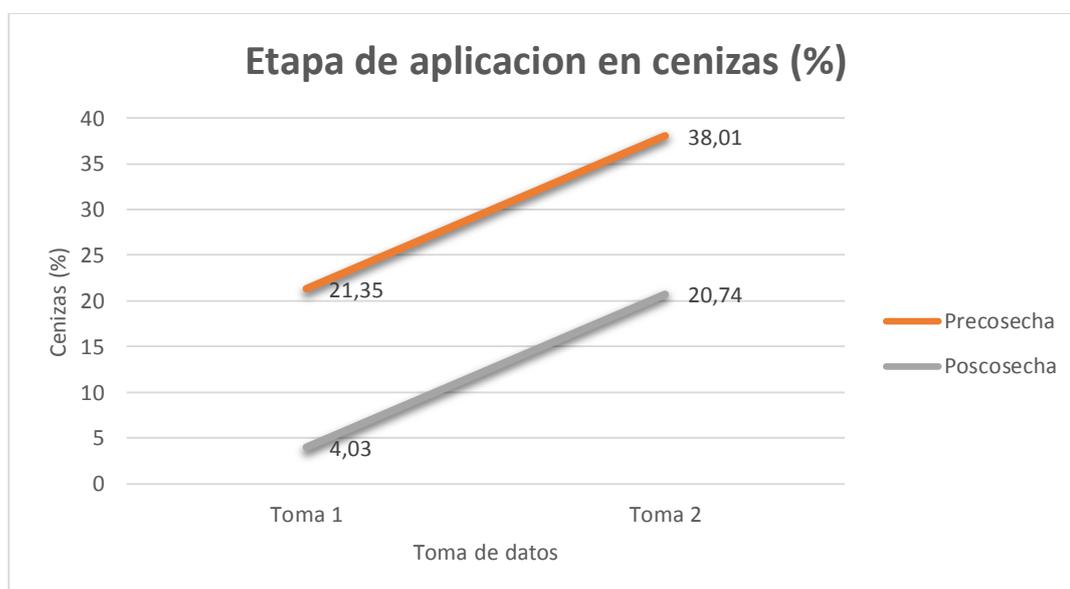
En la tabla 54 se observó que en la primera y segunda toma dos rangos de significación, donde E1 (precosecha) mostro mayor porcentaje de cenizas con promedios de 21,35 y 38,01 %, ubicándose en el rango “A”, mientras que E2 (poscosecha) se presentó en el rango “B” con valores de 4,03 y 20,74%, esto debido a que a medida que el contenido de agua va disminuye los elementos minerales se encuentran en mayor concentración (Sagñay, 2009).

Tabla 54. Prueba de Tukey al 5% para el Factor B (Etapa de aplicación) en la variable cenizas (%).

Etapa	Toma 1		Toma 2	
	Medias (%)	Rangos	Medias (%)	Rangos
E1: Precosecha	21,35	A	38,01	A
E2: Poscosecha	4,03	B	20,74	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Figura 40. Comparación de medias entre el Factor B (Etapa de aplicación) en la variable cenizas (%).



Elaborado por: (Guanoluisa, 2021)

12.7.3. Prueba de Tukey para Factor C en la variable cenizas.

En la tabla 55 se observa que en la primera y segunda toma se presentó tres rangos de significación. En primer lugar, en el rango “A” se encontró D3 (0,6 ppm) con un promedio de 15,78 y 32,37 %, el resto de dosis se presentaron en rangos más inferiores. La mayor

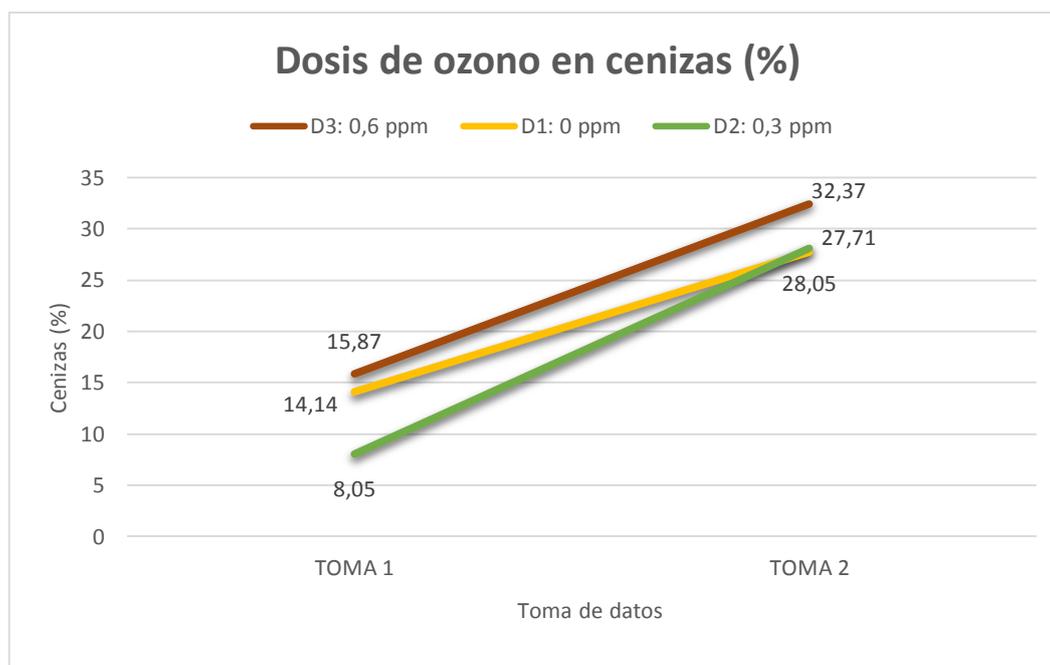
concentración de cenizas se registra con 0,6 ppm esto debido a que ayuda a memorar la perdida evitando una deshidratación acelerada.

Tabla 55. Prueba de Tukey al 5% para el Factor C (Dosis de ozono) en la variable cenizas (%).

TOMA 1			TOMA 2		
Dosis	Medias (%)	Rango	Dosis	Medias (%)	Rango
D3: 0,6 ppm	15,87	A	D3: 0,6 ppm	32,37	A
D1: 0 ppm	14,14	B	D2: 0,3 ppm	28,05	A B
D2: 0,3 ppm	8,05	C	D1: 0 ppm	27,71	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Figura 41. Comparación de medias entre el Factor C (Dosis de ozono) en la variable cenizas (%).



Elaborado por: (Guanoluisa, 2021)

12.7.4. Prueba de Tukey para Factor A x B en la variable cenizas.

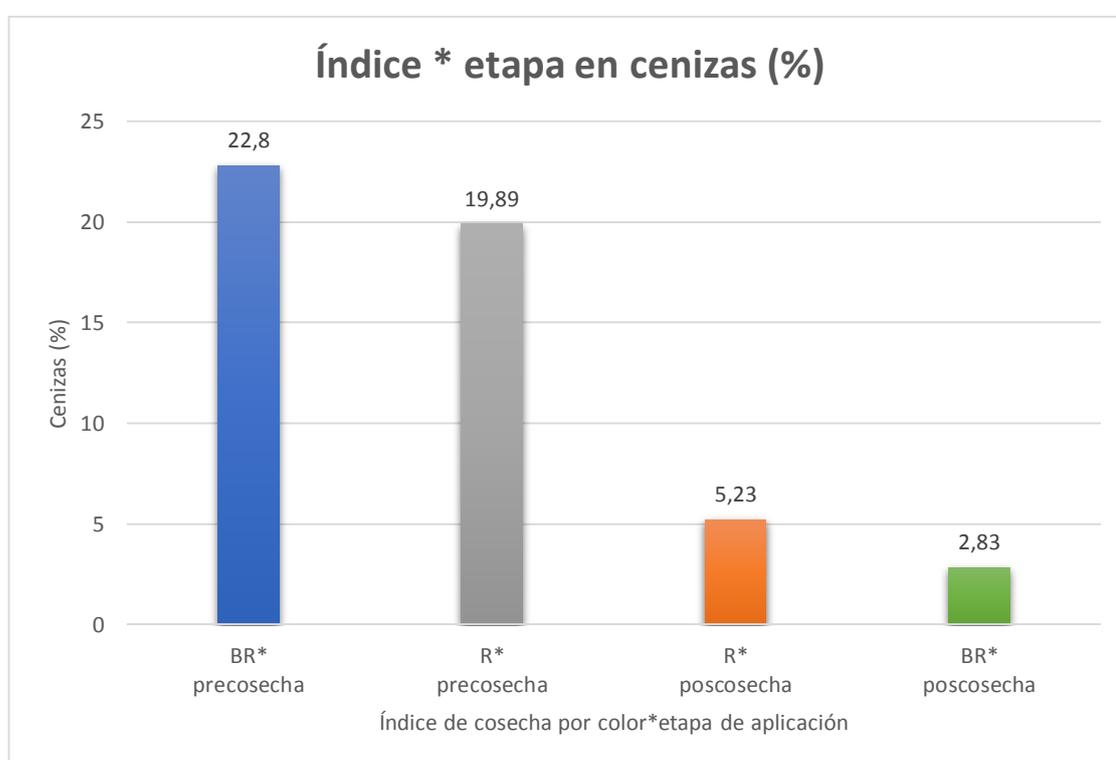
En la tabla 56 se observó los promedios y rangos obtenidos de las interacciones de índice de color por etapa de aplicación de ozono en sólidos solubles. En el primer día existió tres rangos de significación. En el primer rango “A” se encontró C2E2 (Índice en rojo*poscosecha) el cual mostro mayor contenido de sólidos solubles con un promedio de 9,02 °Brix, las demás interacciones se ubicaron los rangos inferiores.

Tabla 56. Prueba de Tukey al 5% para la interacción del Factor A (Índice de cosecha por color) x Factor B (Etapa de aplicación) en la variable cenizas (%) en la primera toma.

TOMA 1		
Índice*Etapa	Medias (%)	Rango
C1E1	22,8	A
C2E1	19,89	B
C2E2	5,23	C
C1E2	2,83	D

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Figura 42. Interacción del Factor A (Índice de cosecha por color) x Factor B (Etapa de aplicación) en la variable cenizas (%) en la primera toma.



Elaborado por: (Guanoluisa, 2021)

12.7.5. Prueba de Tukey para Factor A x C en la variable cenizas.

En la tabla 57 se observa los promedios y rangos obtenidos de las interacciones de índice de color por dosis de ozono en el porcentaje de cenizas. En la primera toma existió cuatro rangos de significación, en el rango “A” se ubicó C1D3 (Índice en verde* 0,6 ppm) con un promedio de 18,15 %, las interacciones restantes ocuparon rangos inferiores debido a que mostraron menor porcentaje de cenizas.

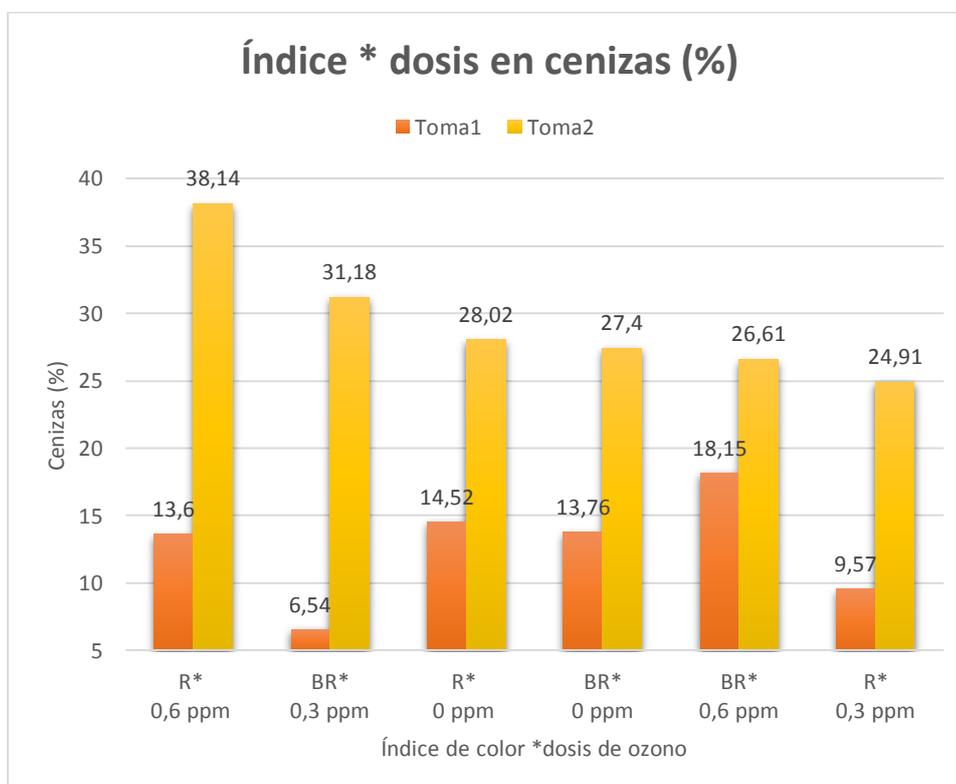
Para la segunda toma existió tres rangos de significación. En el primer rango “A” se encontró C2D3 (Índice en rojo * 0,6 ppm) con un promedio de 38,14 %, respectivamente, las demás interacciones ocuparon rangos inferiores.

Tabla 57. Prueba de Tukey al 5% para la interacción del Factor A (Índice de cosecha por color) x Factor C (Dosis de ozono) en la variable cenizas (%).

TOMA 1			TOMA 2		
Índice*dosis	Medias (%)	Rangos	Índice*dosis	Medias (%)	Rangos
C1D3	18,15	A	C2D3	38,14	A
C2D1	14,52	B	C1D2	31,18	A B
C1D1	13,76	B	C2D1	28,02	B
C2D3	13,6	B	C1D1	27,4	B
C2D2	9,57	C	C1D3	26,61	B
C1D2	6,54	D	C2D2	24,91	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Figura 43. Interacción del Factor A (Índice de cosecha por color) x Factor C (Dosis de ozono) en la variable cenizas (%).



Elaborado por: (Guanoluisa, 2021)

12.7.6. Prueba de Tukey para Factor B x C en la variable cenizas.

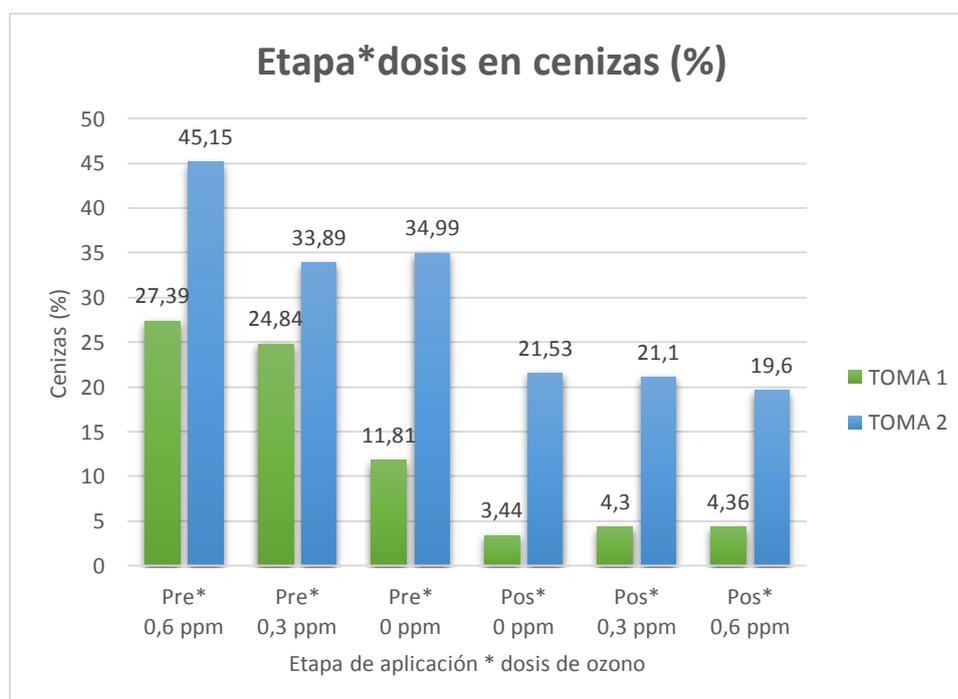
En la tabla 58 se observa los promedios y rangos obtenidos de las interacciones de Etapa de aplicación por dosis de ozono en el porcentaje de cenizas. En la primera y segunda toma, se ubicó en el rango “A” E1D3 (pre cosecha * 0,6 ppm) con promedios de 27,39 y 45,15 %, respectivamente, las demás interacciones ocuparon rangos inferiores debido a que mostraron menor contenido de cenizas.

Tabla 58. Prueba de Tukey al 5% para la interacción del Factor B (Etapa de aplicación) x Factor C (Dosis de ozono) en la variable cenizas (%).

TOMA 1			TOMA 2		
Etapa*dosis	Medias	Rangos	Etapa*dosis	Medias	Rangos
E1D3	27,39	A	E1D3	45,15	A
E1D1	24,84	B	E1D2	34,99	B
E1D2	11,81	C	E1D1	33,89	B
E2D3	4,36	D	E2D1	21,53	C
E2D2	4,3	D	E2D2	21,1	C
E2D1	3,44	D	E2D3	19,6	C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Figura 44. Interacción del Factor B (Etapa de aplicación) x Factor C (Dosis de ozono) en la variable cenizas (%).



Elaborado por: (Guanoluisa, 2021)

12.7.7. Prueba de Tukey para Factor A x B x C en la variable cenizas.

La interacción del factor A*B*C (índice * etapa * dosis) de la tabla 59 refleja que existe significación estadística en el variable cenizas. En la primera toma se presentó en primer lugar en el rango “A” C1E1D3 (Índice en blanco y rojo* precosecha * 0,6 ppm) con un promedio de 33,02 (%), los demás tratamientos ocuparon rangos inferiores debido a que presentaron menor contenido de cenizas.

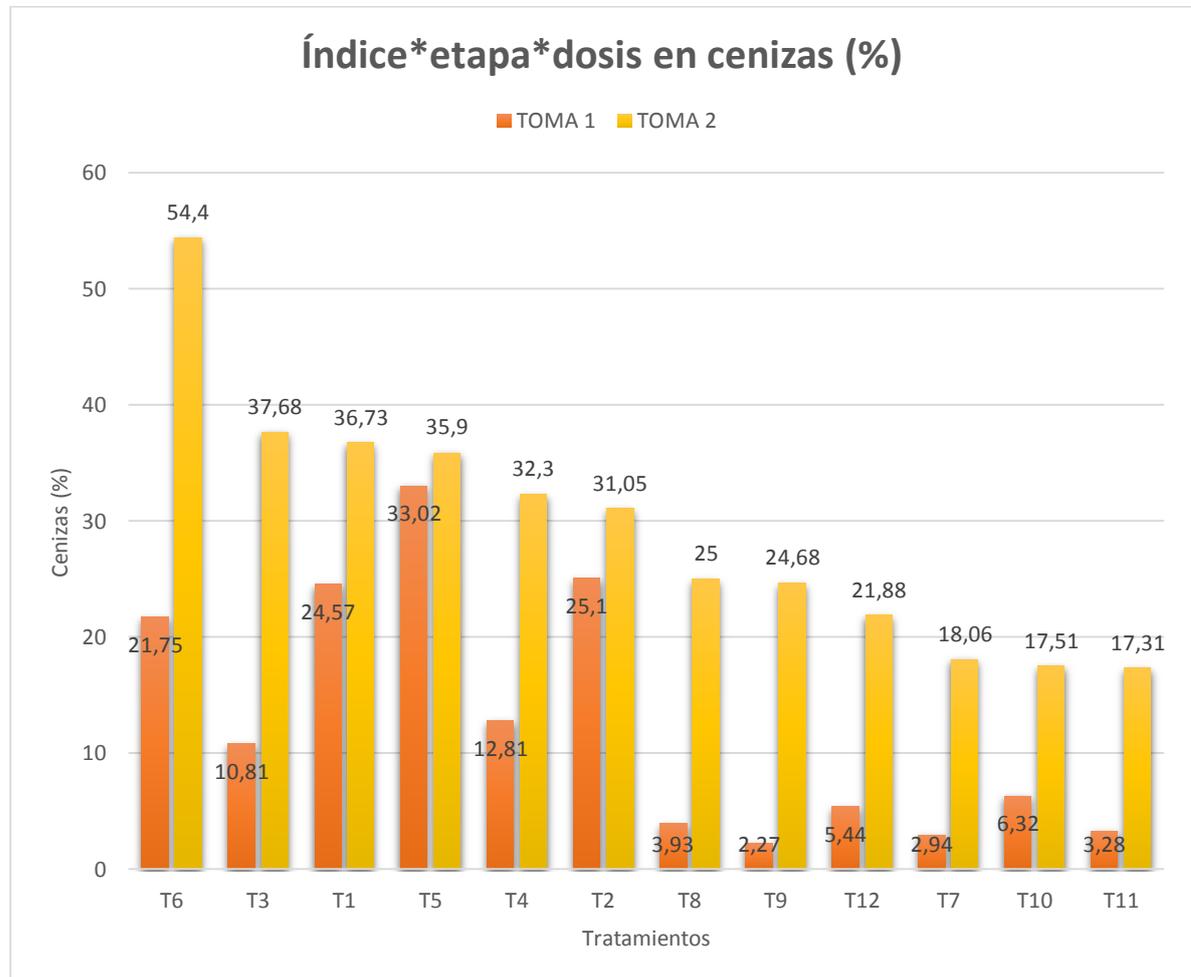
Para la segunda toma se presentó en primer lugar en el rango “A” C2E1D3 (Índice en rojo * precosecha * 0,6 ppm) con un promedio de 54,4 (%), los demás tratamientos ocuparon rangos inferiores debido a que presentaron menor contenido de cenizas.

Tabla 59. Prueba de Tukey al 5% para la interacción del Factor A (Índice de cosecha por color) x Factor B (Etapa de aplicación) x Factor C (Dosis de ozono) en la variable cenizas (%).

TOMA 1			TOMA 2		
AxBxC	Medias (%)	Rangos	AxBxC	Medias (%)	Rangos
C1E1D3	33,02	A	C2E1D3	54,4	A
C2E1D1	25,1	B	C1E1D2	37,68	B
C1E1D1	24,57	B	C1E1D1	36,73	B
C2E1D3	21,75	B	C1E1D3	35,9	B
C2E1D2	12,81	C	C2E1D2	32,3	B C
C1E1D2	10,81	C	C2E1D1	31,05	B C D
C2E2D2	6,32	D	C2E2D1	25	B C D E
C2E2D3	5,44	D E	C1E2D2	24,68	B C D E
C2E2D1	3,93	D E	C2E2D3	21,88	C D E
C1E2D3	3,28	D E	C1E2D1	18,06	D E
C1E2D1	2,94	D E	C2E2D2	17,51	E
C1E2D2	2,27	E	C1E2D3	17,31	E

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Figura 45. Interacción del Factor A (Índice de cosecha por color) x Factor B (Etapa de aplicación) x Factor C (Dosis de ozono) en la variable cenizas (%).



Elaborado por: (Guanoluisa, 2021)

En la figura 45 observamos que el tratamiento 6 (C2E1D3: índice en rojo * precosecha * 0,6 ppm) poseen mayor contenido de cenizas, sobresaliendo de los demás tratamientos con un promedio de 54,4 % en la segunda toma, mientras que el tratamiento 11 (C1E2D3: índice en blanco y rojo* poscosecha * 0,6 ppm) registro los valores más bajos con un porcentaje de cenizas de 17,31 % en la segunda toma.

13. CONCLUSIONES

- En cuanto a la mejor etapa de aplicación fue en precosecha primordialmente en su conservación de peso con un valor de 2,96 %, firmeza con 0,79 kg, fisiopatías con 93,11 %, 6,69 de pH, 38 % de cenizas y 90,59 % de humedad, en lo que se refiere al contenido de sólido soluble la etapa poscosecha resulto ser el mejor con 7,02 ° Brix.
- La mejor dosis de ozono fue la D3 (0,6 ppm) registrando una pérdida de peso de 2,83 %, 91,67 % de incidencia de fisiopatías, 5,94 de pH, 7,34° Brix y 32,37 % de cenizas, en lo que respecta a la humedad las dosis no mostraron valores significativos.
- El mejor índice para cosecha es C1 (75 % de color rojo) quien demostró ser más resistente a las condiciones ambientales que estaba expuesto los frutos de fresa demostrando una incidencia de fisiopatías de 93,33 %, una firmeza de 0,86 kg y una humedad de 90,41%, y mientras que el índice C2 resulto con una variación de peso de 1,87 % , 6,08 pH y 7,14 °Brix en los que respecta a cenizas ninguno de los índices mostro significancia.

14. RECOMENDACIONES

- Aplicar ozono en precosecha para conservar las características deseables de la fresa.
- Aplicar ozono en concentraciones de 0,6 ppm de ozono en agua.
- Realizar nuevas investigaciones con dosis mayores a 0,6 ppm para establecer su efectividad.
- Realizar investigaciones con ozono gaseoso ya que este no deterioraría de manera acelerada la fruta.

15. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Aafia, S. (2018). *Eficacia del tratamiento con ozono para mejorar la vida útil de frutas de clima templado y tropical*. Obtenido de CosemarOzono: https://www.poscosecha.com/es/empresas/eficacia-del-tratamiento-con-ozono-para-mejorar-la-vida-util-de-frutas-de-clima-templado-y-tropical/_id:63204,seccion:noticias,noticia:79783/
- Adriano Villa, J. X. (Febrero de 2007). *Control fúngico en poscosecha de fresa*. Obtenido de POSTHARVEST.BIZ: https://www.poscosecha.com/es/noticias/control-fungico-en-poscosecha-de-fresa/_id:80421/
- Agrolalibetad. (s.f). *Ficha Técnica para el Cultivo de la Fresa (Fragaria x annanasa)*. Obtenido de http://www.agrolalibertad.gob.pe/sites/default/files/Ficha%20T%C3%A9cnica%20para%20el%20Cultivo%20de%20la%20Fresa_0.pdf
- Alcántara González, M. D. (2009). *Estimación de los daños físicos y evaluación de la calidad de la fresa durante el manejo poscosecha y el transporte simulado*. Obtenido de Universidad Politécnica de Valencia: <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/6473/tesisUPV3131.pdf>
- Almenar, E. (2005). *Envasado activo de fresas silvestres*. Obtenido de Universitat de Valencia: <https://roderic.uv.es/bitstream/handle/10550/15630/almenar.pdf?sequence=1>
- Andrade Cuvi, M. J., Moreno Guerreo, C., Guijarro Fuertes, M., Ayora, A., & Pozo, R. (2019). *Influencia del ozono gaseoso sobre la microflora nativa de frutas andinas: mora sin espinas (Rubus glaucus), uvilla (Physalis peruviana) y naranjilla (Solanum quitoense)*. *Reportes de frutas*. Obtenido de <https://www.redalyc.org/jatsRepo/813/81361553008/html/index.html>
- Andreas A, P., Akrida Demertzi, K., Demertzis, P., & Kyriakos A, R. (2021). Efecto del ozono gaseoso y el tratamiento térmico en la calidad y la vida útil de las fresas frescas durante el almacenamiento en frío. *International Journal of Fruit Science*, 218-213. doi:10.1080/15538362.2020.1866735

- AOAC. (2000). *Official methods of analysis of the association of official analytical chemists*. Obtenido de Association of Official Analytical Chemists.: <https://archive.org/details/gov.law.aoac.methods.1980/page/n627/mode/2up?view=theater>
- Arnal, L., Salvador, A., & Martínez, J. (2005). Efecto del ozono en la mantenido de la calidad de caqui 'rojo brillante'. *Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha*, VI(2), 99-106. Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/813/81360206.pdf>
- Avila Cubillos, E. P. (2015). *Manual fresa*. Obtenido de Camara de comercio de Bogota: <https://bibliotecadigital.ccb.org.co/bitstream/handle/11520/14312/Fresa.pdf?sequence=1>
- Azam, M., Ejaz, S., Ur, R., Khan, M., & Qadri, R. (2 de Octubre de 2019). *Gestión de la calidad poscosecha de fresas*. (T. Asao, & M. Asaduzzaman, Edits.) doi:10.5772/intechopen.82341
- Bataller, M., Cruz, S., & García, M. (2010). El ozono: una alternativa sustentable en el tratamiento poscosecha de frutas y hortalizas. *CENIC Ciencias Biológicas*, 155-164. Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/1812/181220593001.pdf>
- Becerra, C., Robledo, P., & Defilippi, B. (2021). *Cosecha y poscosecha de frutilla*. Obtenido de INIA: <https://biblioteca.inia.cl/bitstream/handle/123456789/7626/NR39093.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Beltrán, A. (2010). *Estudio de la vida útil de fresas (Fragaria vesca) mediante tratamiento con luz ultravioleta de onda corta UV-C*. Obtenido de https://www.academia.edu/15828497/UNIVERSIDAD_T%C3%89CNICA_DE_AMBATATO_FACULTAD_DE_CIENCIA_E_INGENIERIA_EN_ALIMENTOS_ESTUDIO_DE_LA_VIDA_%C3%94TIL_DE_FRESAS_Fragaria-vesca_MEDIANTE_TRATAMIENTO_CON_LUZ_ULTRAVIOLETA_DE_ONDA_CORTA_UV_C
- Bonet Gigante, J. (3 de Noviembre de 2010). *Desarrollo y caracterización de herramientas genómicas en Fragaria Diploide para la mejora del cultivo de fresa*. Obtenido de Universidad Autónoma de Barcelona: <https://www.tdx.cat/bitstream/handle/10803/42009/jbg1de1.pdf;sequence=1>

- Borja Rengifo, E. V. (2010). *ESTUDIO DE LA CONSERVACIÓN DE FRESAS (Fragaria vesca) MEDIANTE TRATAMIENTOS TÉRMICOS*. Obtenido de <https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/865/1/AL427%20Ref.%203273.pdf>
- Borja Rengifo, E. V. (2010). *ESTUDIO DE LA CONSERVACIÓN DE FRESAS (Fragaria vesca) MEDIANTE TRATAMIENTOS TÉRMICOS*. Obtenido de <https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/865/1/AL427%20Ref.%203273.pdf>
- Bucio Villalobos, C. M., Díaz Serrano, F. R., Martínez Jaime, O. A., & Torres Morales, J. (2016). Efecto del ozono sobre la población microbiana del suelo y el crecimiento de plantas de fresa. *Terra Latinoamerica*, 229-237. Obtenido de <http://www.scielo.org.mx/pdf/tl/v34n2/2395-8030-tl-34-02-00229.pdf>
- Camara de agricultura. (2021). *Cultivo de la frutilla*. Recuperado el 21 de Septiembre de 2021, de <https://agroecuador.org/index.php/blog-noticias/item/93-el-cultivo-de-la-frutilla>
- Casaca, Á. (2005). *Cultivo de fresa (Fragaria chiloense)*. Obtenido de PROMOSTA: <https://dicta.gob.hn/files/2005,-El-cultivo-de-la-fresa,-G.pdf>
- Chicaiza, J. (2015). *Determinación de los parametos físicos - quimicos y microbiologicos de la fresa (Fragaria vesca) variedad oso grande como base para el establecimiento de la norma de requisitos*. Obtenido de UNIANDES: <https://dspace.uniandes.edu.ec/bitstream/123456789/751/1/TUABQF003-2015.pdf>
- 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 Palacios, Cantón Cuenca*". Obtenido de <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/4745/1/UPS-CT001855.pdf>
- Coelho, C., Silva, F., & Cabral, L. (13 de Noviembre de 2017). *Buen resultado del agua ozonizada en la retención de la firmeza y sanitización de fresas*. Obtenido de VIII International Postharvest Symposium: https://www.poscosecha.com/es/noticias/buen-resultado-del-agua-ozonizada-en-la-retencion-de-la-firmeza-y-sanitizacion-de-fresas/_id:80474/

- Coggle. (2022). *Determinación de cenizas en la fresa*. Obtenido de Coggle: <https://coggle.it/diagram/Xzs9ZZkqogy1NtHV/t/%F0%9F%8D%93-determinaci%C3%B3n-de-cenizas-en-la-fresa-%F0%9F%8D%93>
- Contigiani, E. V. (2019). *Desarrollo de estrategias alternativas para la conservación post-cosecha de frutillas*. Obtenido de Universidad de Buenos Aires: https://ri.conicet.gov.ar/bitstream/handle/11336/80078/CONICET_Digital_Nro.d3b620b8-d9a2-4dd3-a295-b235114ba860_A.pdf?sequence=2&isAllowed=y
- CosemarOzono . (2022). *Tratamientos con ozono en post-cosecha*. Obtenido de CosemarOzono: <https://www.cosemarozono.com/soluciones/higiene-alimentaria/tratamientos-ozono-post-cosecha/>
- CosemarOzono. (2021). *Ventajas de la aplicación de ozono en campo y en el almacén*. Obtenido de https://www.poscosecha.com/es/empresas/cosemar-ozono-sl/_id:63204,seccion:noticias,noticia:81704/
- CosemarOzono. (2022). *Cómo aumentar la vida útil de las fresas*. Obtenido de <https://www.cosemarozono.com/soluciones/higiene-alimentaria/como-aumentar-vida-util-fresas/>
- DECCO. (5 de Agosto de 2019). *Cómo determinar la madurez de la fruta*. Obtenido de DECCO: <https://www.deccoiberica.es/como-determinar-la-madurez-de-la-fruta/>
- Defy, N., Supartha, I., & Wayan, I. (2021). Colour and Quality of Strawberry Fruit (*Fragaria x ananassa* Duch.) at Different Levels of Maturity. *Sustainable Environment Agricultural Science*, V(1), 22-28. doi:<http://dx.doi.org/10.22225/seas.5.1.3166.22-28>
- El Comercio. (10 de Septiembre de 2011). *La frutilla es un cultivo rentable*. Obtenido de <https://www.elcomercio.com/actualidad/negocios/frutilla-cultivo-rentable.html>
- FAO. (2019). *Las frutas y hortalizas frescas como productos perecibles*. Obtenido de <https://www.fao.org/3/x5055s/x5055S02.htm#1.%20Las%20frutas%20y%20hortalizas%20frescas%20como%20productos%20perecibles>
- Gestiriego. (22 de Marzo de 2019). *El uso de ozono en los cultivos*. Obtenido de Gestiriego: <https://www.gestiriego.com/uso-de-ozono-en-los-cultivos/>

- Glowacz, M., Colgan, R., & Rees, D. (15 de Marzo de 2015). The use of ozone to extend the shelf-life and maintain quality of fresh produce. *J Sci Food Agric.*, IV(95), 662-71. doi:10.1002/jsfa.6776.
- Gomez P, C. R. (2021). *Caraterizacion y normalizacion de furtas y hortalizas - calidad: Fresa variedad Chandler (Fragaria chiloensis L.)*. Obtenido de <https://biblioteca.cenicafe.org/bitstream/10778/828/16/Fresa%20variedad%20Chandler.pdf>
- Guamán Salán, J. C. (2017). “*EVALUACIÓN DE Trichoderma harzianum Rafai Y DOS EXTRACTOS VEGETALES EN MORA, FRESA Y TOMATE EN POST-COSECHA, CONTRA Botrytis sp., Aspergillus sp., y Penicillium sp.*”. Obtenido de <https://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/28201/1/Trabajo%20de%20Titulaci%C3%B3n.pdf>
- Guedes, T. (2012). *Influence of biodegradable fruit quality in post-harvest storage films*. Obtenido de University of the Jequitinhonha and Mucuri.
- Guevara, A., Rojas, T., & Araujo, J. (1998). Obtención de fresa (*Fragaria chiloensis*) deshidratada por atomización y liofilización. *Revista Perú química*, 217-230.
- Hortoinfo. (18 de Mayo de 2020). *Solo EE. UU. supera en el mundo a España en producción de fresa por metro cuadrado*. Recuperado el 15 de Noviembre de 2021, de HORTOINFO: <https://www.hortoinfo.es/index.php/9281-produccion-mundial-fresa-180520>
- Horvitz, S., & Cantalejo, J. (2014). Application of Ozone for the Postharvest Treatment of Fruits and Vegetables. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 312 - 339.
- Hurtado, G., & Knoche, M. (2021). Trastorno de remojo de agua en fresas: desencadenantes, factores y mecanismos. *Plant Sci*. doi:<https://doi.org/10.3389/fpls.2021.694123>
- IICA. (2017). *Manual de buenas prácticas agrícolas y de producción para el cultivo de la fresa*. San Jose: MAG. Obtenido de http://www.snitta.org/archivos_pittas/32/Manual%20de%20Fresas.pdf
- Infoagro. (2020). *El cultivo de la fresa*. Obtenido de https://www.infoagro.com/documentos/el_cultivo_fresa.asp

- Instituto Tecnológico Superior de Coalcomán. (2018). *Manual de producción de fresa en Coalcomán Michoacán*. Obtenido de <https://www.itscoalcoman.edu.mx/content/descargas/vinculacion/MANUAL%20PARA%20CULTIVO%20DE%20FRESA%20EN%20COALCOMAN.pdf>
- Interempresas Media, S.L. (2022). *FRESA, FRAGARIA VESCA VAR. HORTENSIS / ROSACEAE: Manejo del ambiente de posrecolección*. Obtenido de Interempresas Media, S.L.: <https://www.frutas-hortalizas.com/Frutas/Poscosecha-Fresa.html>
- Lopera, I. (2016). *El ozono, un «antibiótico natural» para las fresas*. Obtenido de https://sevilla.abc.es/economia/sevi-ozono-antibiotico-natural-para-fresas-201605230719_noticia.html
- López Valencia, D., Sánchez Gómez, M., Acuña Caita, J. F., & Fischer, G. (2018). Propiedades físicoquímicas de siete variedades destacadas de fresa (*Fragaria x ananassa* Duch.) cultivadas en Cundinamarca (Colombia), durante su maduración. *Corpoica Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, *IXX(1)*, Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria. Obtenido de 2018: [https://www.redalyc.org/journal/4499/449954241012/html/#:~:text=Los%20tama%C3%20Blos%20m%C3%A1s%20grandes%20corresponden,\(2%2C95%20cm\)](https://www.redalyc.org/journal/4499/449954241012/html/#:~:text=Los%20tama%C3%20Blos%20m%C3%A1s%20grandes%20corresponden,(2%2C95%20cm)).
- Mark, B., & Surendra, D. (Noviembre de 2015). *Manual de producción de fresa para los agricultores de la Costa Central*. Obtenido de <http://cesantabarbara.ucanr.edu/files/228580.pdf>
- Marquez, B. (2014). *Cenizas y grasas*. Obtenido de Universidad Nacional de San Agustín : <http://repositorio.unsa.edu.pe/bitstream/handle/UNSA/4188/IAmasibm024.pdf?sequence=1&isA#:~:text=%E2%9E%A2%20El%20t%C3%A9rmino%20%22cenizas%20de,esta%20temperatura%20se%20denomina%20ceniza>.
- Morais, M., Oliveira, J., Franco, D., De Barros, E., & Villela, N. (Septiembre de 2015). Application of ozone aiming to keep the quality of strawberries using a low cost reactor. *Bras. Frutic*, *XXXVII(3)*, 559-567.
- Moshiur, M., Moniruzzaman, M., Ahmad, R., Sarker, B., & Khurshid, M. (2016). Las etapas de madurez afectan la calidad poscosecha y la vida útil de frutos de genotipos de fresa

que crecen en regiones subtropicales. *Revista de la Sociedad Saudita de Ciencias Agrícolas*, XV(1), 28-37. doi:<https://doi.org/10.1016/j.jssas.2014.05.002>

Nayak, S., Sethi, S., Sharma, R., Sharma, M., Singh, S., & Singh, D. (Enero de 2020). El ozono acuoso controla la descomposición y mantiene los atributos de calidad de la fresa (*Fragaria × ananassa* Duch.). *Tecnología J Food Sci*(1), 319-326. doi: 10.1007/s13197-019-04063-3

OZONO21. (2007). *El ozono en la conservación de alimentos*. Obtenido de <https://www.ozono21.com/actualidad-interna/el-ozono-en-la-conservacion-de-alimentos/69/>

Parzanese, M. (2021). *Ozono en alimentos*. Obtenido de Secretaria de agricultura, ganaderia y pesca:
http://www.alimentosargentinos.gob.ar/contenido/revista/ediciones/54/articulos/r54_13_Ozono.pdf

Pazmiño Quiroga, J. A. (2019). *Efecto del recubrimiento comestible de tres concentraciones de colágeno en la conservación de fresa (Fragaria ananassa Weston)*. Obtenido de <http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/18509/1/T-UCE-0004-CAG-083.pdf>

Perez, M. M. (2022). *Tratamientos con ozono*. Obtenido de CosemarOzono:
<https://www.cosemarozono.com/descargas/informe-desinfeccion-canales-en-mataderos-v2017.pdf>

Pretell Vasquez, C., Marquez Villacorta, L., & Siche, R. (2016). Efecto del ozono gaseoso sobre las características fisicoquímicas, microbiológicas y apariencia general de *Punica Granatum* L. wonderful fresca. *Scientia Agropecuaria*. Obtenido de http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2077-99172016000400003

Sagñay, N. (2009). *Control de calidad de frutilla (Fragaria vesca) Deshidatada por metodo de microondas a tres potencias*. Obtenido de <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/209/1/56T00181.pdf>

SENA. (2014). *Manual técnico del cultivo de fresa bajo buenas prácticas agrícolas*. Recuperado el 20 de Octubre de 2021, de https://issuu.com/linaknup/docs/manual_fresa-_final___caratula_baja

- Solis Llerena, J. G. (2015). *Respuesta del suelo y del cultivo de fresa (Fragaria x ananassa) a la aplicacion de lactofermentos enriquecidos en el Sector Querochaca cantón Cevallos*. Obtenido de UTA: <file:///C:/Users/PC/Downloads/Tesis-119%20%20Ingenier%C3%ADa%20Agron%C3%B3mica%20-CD%20374.pdf>
- Tomaico Tipan, S. M. (2020). *Evaluación de tres índices de cosecha y desinfección dos híbridos de pimiento (Capsicum annuum. Híbridos Cortes y Coach) en el campus experimental Salache 2019-2020*. Obtenido de <http://repositorio.utc.edu.ec/bitstream/27000/6618/1/PC-000811.pdf>
- TOPOZONO. (2022). *El Ozono en la eliminación de hongos*. Obtenido de TOPOZONO: <https://topozono.com/tratamientos-con-ozono/atomizacion-agro-eco/>
- Undurruga, P., & Vargas, S. (2013). *Manual de frutilla*. Obtenido de Instituto de Investigaciones Agropecuarias INIA: http://bosques.ciren.cl/bitstream/handle/123456789/31910/Boletin_INIA_262.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Universidad de Córdoba. (2021). *La contaminación por Salmonella a través de la raíz de la fresa no constituye un factor de riesgo la salud*. Obtenido de Sevilla: <https://sevilla.abc.es/agronoma/noticias/cultivos/freson/contaminacion-salmonella-raiz-fresa/>
- Urbano, M. R. (2018). *Efecto del ozono sobre la calidad postcosecha de moras de Castilla (Rubus glaucus Benth)*. Obtenido de <https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/28228/1/02%20T.AL.pdf>
- Villalobos Acuña, L. (2009). *Metodologías de análisis de factores de calidad de frutas tropicales y subtropicales, implementadas por el laboratorio de postcosecha en la universidad de California en Davis, Estados Unidos*. Obtenido de <https://repositoriotec.tec.ac.cr/bitstream/handle/2238/4000/Metodolog%C3%ADas%20de%20an%C3%A1lisis%20de%20factores%20de%20calidad%20en%20frutas%20tr%C3%B3picas%20y%20subtr%C3%B3picas,%20implementadas%20por%20el%20laboratorio%20de%20postcosecha%20de%20la%20Unive>

Zhang, H., Li, K., Zhang, X., & Chenghu, D. (2020). Efectos del tratamiento con ozono sobre la capacidad antioxidante de poscosecha de fresa. *Royal Society of Chemistry*, 38142-38157. doi:10.1039/D0RA06448C

ANEXOS

Anexo 1. Prueba de plagio.



Document Information

Analyzed document	GUANOLUISA_ANA_OZONO_FRESA.docx (D134137999)
Submitted	2022-04-21T03:58:00.0000000
Submitted by	Giovana Parra
Submitter email	giovana.parra@utc.edu.ec
Similarity	2%
Analysis address	giovana.parra.utc@analysis.orkund.com

Sources included in the report

SA	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI / PROYECTO_TITULACIÓN_Mañay_NATALIA.docx Document PROYECTO_TITULACIÓN_Mañay_NATALIA.docx (D112261238) Submitted by: giovana.parra@utc.edu.ec Receiver: giovana.parra.utc@analysis.orkund.com		5
SA	Tesis Final 9.docx Document Tesis Final 9.docx (D22519903)		2
SA	TESIS KATERINE CABRERA.docx Document TESIS KATERINE CABRERA.docx (D15067294)		3
SA	TESIS RECUBIMIENTO ANTIFUNGICO.docx Document TESIS RECUBIMIENTO ANTIFUNGICO.docx (D20983161)		10
SA	Tesis Juan Panimboza. 2017.pdf Document Tesis Juan Panimboza. 2017.pdf (D69724346)		2
SA	TESIS CABRERA CASILLAS KATERINE GISSELLA.docx Document TESIS CABRERA CASILLAS KATERINE GISSELLA.docx (D15153943)		1
SA	Investigación del deterioro de la fresa.pdf Document Investigación del deterioro de la fresa.pdf (D131192024)		1
SA	Mario Vasco.pdf Document Mario Vasco.pdf (D12087734)		1
SA	LLerena Angel UTE B 2016.pdf Document LLerena Angel UTE B 2016.pdf (D25275763)		1
SA	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI / PIMIENTO SANDRITA URCU.docx Document PIMIENTO SANDRITA URCU.docx (D64122882) Submitted by: karina.marin@utc.edu.ec Receiver: karina.marin.utc@analysis.orkund.com		4
SA	TESIS RECB. GELATINA EN FRESAS.docx Document TESIS RECB. GELATINA EN FRESAS.docx (D13106334)		2
	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI / PIMIENTO SANDRITA URCU (1).docx		

Anexo 2. Aval de traducción.



UNIVERSIDAD
TÉCNICA DE
COTOPAXI



CENTRO
DE IDIOMAS

AVAL DE TRADUCCIÓN

En calidad de Docente del Idioma Inglés del Centro de Idiomas de la Universidad Técnica de Cotopaxi; en forma legal **CERTIFICO** que:

La traducción del resumen al idioma Inglés del proyecto de investigación cuyo título versa: "EVALUACIÓN DE DOS ETAPAS DE APLICACIÓN DE OZONO CON TRES DOSIS, EN EL COMPORTAMIENTO POSCOSECHA DE FRESA (*Fragaria vesca*), COSECHADO A DIFERENTES ÍNDICES DE COLOR, COTOPAXI, 2021-2022" presentado por: **Ana Viviana Guanoluiza Cofre**, egresada de la Carrera de **Ingeniería Agronómica**, perteneciente a la **Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recurso Naturales**, lo realizó bajo mi supervisión y cumple con una correcta estructura gramatical del Idioma.

Es todo cuanto puedo certificar en honor a la verdad y autorizo a la peticionaria hacer uso del presente aval para los fines académicos legales.

Latacunga, abril del 2022

Atentamente,



WILMER PATRICIO
COLLAGUAZO VEGA

Mg. C. Wilmer Patricio Collaguazo Vega
DOCENTE CENTRO DE IDIOMAS-UTC
CC. 1722417571



CENTRO
DE IDIOMAS

Anexo 3. Preparación de agua ozonificada para la aplicación en la etapa precosecha



Anexo 4. Comprobación de dosis.



Anexo 5. Aplicación de agua ozonificada en la etapa precosecha.



Anexo 6. Cosecha de fresas con aplicación de agua ozonificada en precosecha



Anexo 7. Cosecha de fresas sin aplicación de agua ozonificada para la etapa de poscosecha



Anexo 8. Clasificación por dosis y índice por cosecha por color en la etapa de precosecha



Anexo 9. Cosecha y clasificación por índice de cosecha por color para la etapa poscosecha



Anexo 10. Empaque en cartones para transportarlas al laboratorio de agronomía.



Anexo 11. Preparación de agua ozonificada para la aplicación en la etapa poscosecha.



Anexo 12. Aplicación de agua ozonificada en la etapa poscosecha.



Anexo 13. Ubicación de fresas en envases plásticos para su almacenamiento.



Anexo 14. Implementación de diseño experimental**Anexo 15.** Pesaje de muestra y determinación de fisiopatías.**Anexo 16:** Observación de fisiopatías.

Anexo 17. Toma de firmeza.**Anexo 18.** Licuado de fresas para obtención de zumo para la determinación de pH y sólidos solubles.

Anexo 19. Toma de pH y Sólidos solubles.



Anexo 20. Peso de muestra para determinación de humedad.



Anexo 21. Colocación de muestra en la estufa para determinación de humedad.



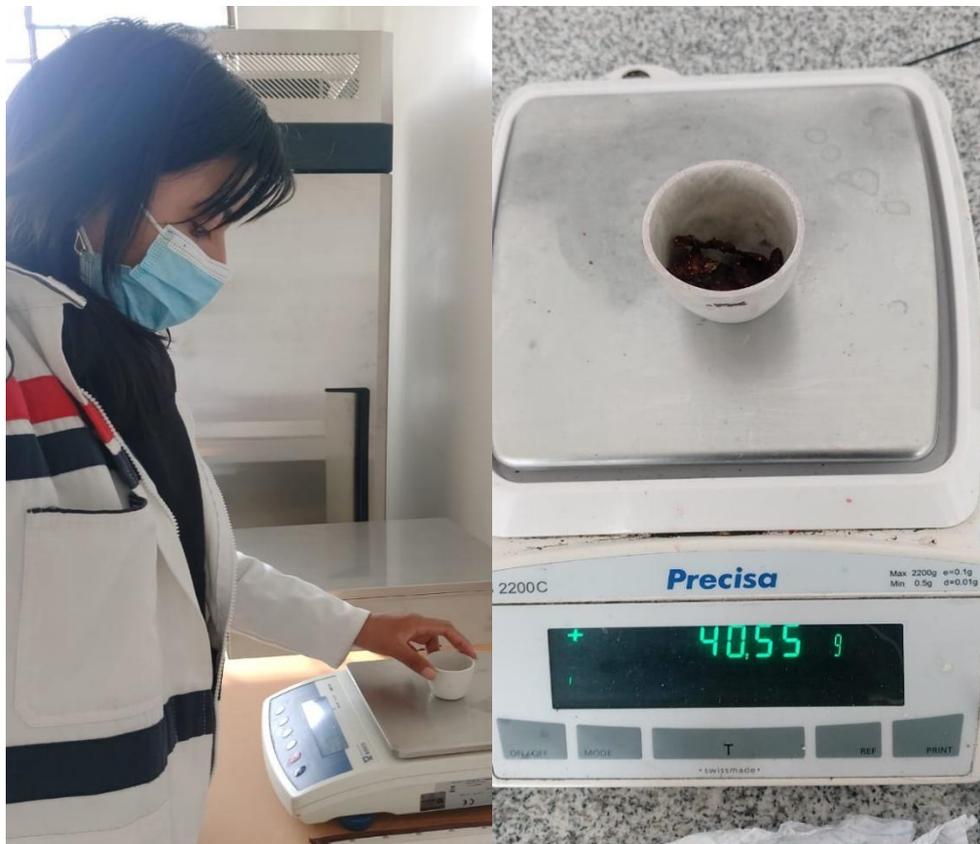
Anexo 22. Peso de muestra de secas



Anexo 23. Preparación de muestras para determinación de cenizas.



Anexo 24. Peso de crisol más muestra seca para determinación de cenizas.



Anexo 25. Colocación de muestras en muflas para obtención de cenizas**Anexo 26.** Peso de muestras de cenizas más crisol.