

UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENRÍA

DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA QUÍMICA



Análisis general y complementario de la implementación de un Sistema Integrado de Control Microbiológico en el Área de Extracción de Caña del Ingenio Pantaleón

TRABAJO DE GRADUACIÓN PRESENTADO POR

JOSÉ BASTERRECHEA GUZMÁN PARA OPTAR AL GRADO ACADÉMICO DE
LICENCIADO EN INGENRÍA QUÍMICA

GUATEMALA
2015

Análisis general y complementario de la implementación de un Sistema Integrado de Control Microbiológico en el Área de Extracción de Caña del Ingenio Pantaleón

UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENRÍA

DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA QUÍMICA



Análisis general y complementario de la implementación de un Sistema Integrado de Control Microbiológico en el Área de Extracción de Caña del Ingenio Pantaleón

TRABAJO DE GRADUACIÓN PRESENTADO POR

JOSE BASTERRECHEA GUZMÁN PARA OPTAR AL GRADO ACADÉMICO DE
LICENCIADO EN INGENRÍA QUÍMICA

GUATEMALA
2015

Vo. Bo.

(f) _____

Ing. Gamaliel Zambrano

Terna examinadora

(f) _____

Ing. Gamaliel Zambrano

(f) _____

Ing. José Andrés Hernández

(f) _____

Ing. Jaime Rosales

Fecha de aprobación: Guatemala, 25 de junio de 2015 ✓

REFACIO

La elaboración de esta tesis surgió debido al interés por hacer más eficientes los procesos de transformación del Ingenio Pantaleón. Durante el transcurso de mi licenciatura mostré especial interés por la alta eficiencia de los ingenios azucareros, pero a pesar de ello había un tema poco investigado y que afectaba directamente dicha eficiencia. El principal reto fue establecer los procedimientos correctos, conseguir el equipo adecuado para hacer las primeras pruebas en planta y crear una herramienta adecuada para hacer el análisis de la gran cantidad de datos que se recopilaron.

La idea de hacer esta investigación fue para hacer más eficientes los procesos de transformación, primero llevando un control de lo que sucede en el área de extracción de jugo de caña en términos microbiológicos y luego creando procedimientos y haciendo acciones preventivas para reducir la actividad microbiológica. Cabe mencionar que este proyecto se realizó bajo la dirección del Lic. Osbel Nuñez y el Ing. Zambrano, investigadores de la Universidad del Valle de Guatemala.

Le doy gracias a Dios por haberme guiado a lo largo de mi carrera y haberme brindado una etapa llena de aprendizaje y experiencias. Agradezco todo el equipo de trabajo con el que recopilamos datos e hicimos pruebas, a todas las personas que me asesoraron durante el proceso compartiendo sus conocimientos y experiencias y a mi familia por darme la confianza y las fortalezas para nunca darme por vencido.

ÍNDICE

PREFACIO.....	ix
LISTADO DE GRÁFICAS.....	vii
LISTADO DE TABLAS.....	xiii
LISTADO DE FIGURAS.....	xiv
RESUMEN.....	xv
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. ANTECEDENTES.....	3
A. CAÑA DE AZÚCAR.....	3
B. HISTORIA DE LOS INGENIOS EN GUATEMALA.....	4
C. HISTORIA DEL INGENIO PANTALEÓN.....	6
D. LOCALIZACIÓN DE LOS INGENIOS AZUCAREROS EN GUATEMALA.....	7
E. EXTRACCIÓN DE JUGO DE CAÑA.....	8
F. MICROORGANISMOS EN EL PROCESO.....	11
G. PÉRDIDAS DE SACAROSA.....	11
H. AZÚCARES REDUCTORES.....	11
I. TEST DE REZARSURINA.....	12
III. JUSTIFICACIÓN.....	14
IV. OBJETIVOS.....	15
V. METODOLOGÍA.....	16
A. ANÁLISIS DE RESULTADOS DEL SISTEM DE CONTROL MICROBIOLOGICO.....	16
B. INCREMENTO DEL COEFICIENTE MICROBIOÓGICO (IC).....	19
C. DISPOSITIVO DE FLUJO DINÁMICO DE JUGO DE CAÑA.....	20
VI. RESULTADOS.....	23
VII. DISCUSIÓN.....	36
VIII. CONCLUSIONES.....	40
IX. RECOMENDACIONES.....	42
X. BIBLIOGRAFÍA.....	43
XI. ANEXOS.....	45

LISTADO DE GRÁFICAS

Gráfico no 1: Representación de Coeficiente Microbiológico de las muestras tomadas durante la zafra 2010-2011 en referencia a su clasificación.....	24
Gráfico no. 2: Representación de Coeficiente Microbiológico de las muestras tomadas para el jugo primario durante la zafra 2010-2011 en referencia a su clasificación.....	25
Gráfico no. 3: Representación de Coeficiente Microbiológico de las muestras tomadas para el jugo diluido durante la zafra 2010-2011 en referencia a su clasificación.....	26
Gráfico no. 4: Representación del Incremento del Coeficiente Microbiológico entre jugo primario y diluido durante la zafra 2010-2011 en referencia a su clasificación.....	27
Gráfico no. 5: Representación del Incremento del Coeficiente Microbiológico entre jugo primario y diluido del tándem A durante la zafra 2010-2011 en referencia a su clasificación.....	28
Gráfico no. 6: Representación del Incremento del Coeficiente Microbiológico entre jugo primario y diluido del tándem B durante la zafra 2010-2011 en referencia a su clasificación.....	29
Gráfico no. 7: Relación de Coeficiente Microbiológico y su Incremento entre el Jugo Primario y Diluido durante la Zafra 2010-2011, 2011-2012 y 2012-2013.....	30
Gráfico no. 8: Comparativo 2010-2011, 2011-2012, y 2012-2013 de la Clasificación de CM.....	31
Gráfico no. 9: Comparativo 2010-2011, 2011-2012, y 2012-2013 de la Clasificación de IC.....	32
Gráfico no. 10: Comparativo 2010-2011, 2011-2012, y 2012-2013 del Comportamiento Cada 3 Horas de CM.....	33
Gráfico no. 11: Comparativo 2010-2011, 2011-2012, y 2012-2013 del Comportamiento Cada 3 Horas de IC.....	34
Gráfico no. 12: Efectividad del Bactericida en términos del coeficiente.....	35

microbiológico en función del tiempo.....	
Gráfico no. 13: Representación de Coeficiente Microbiológico de las muestras tomadas para el tándem A durante la zafra 2010-2011 en referencia a su clasificación.....	47
Gráfico no. 14: Representación de Coeficiente Microbiológico de las muestras tomadas para el tándem B durante la zafra 2010-2011 en referencia a su clasificación.....	48
Gráfico no. 15: Representación de Coeficiente Microbiológico de las muestras tomadas para el jugo primario del tándem A durante la zafra 2010-2011 en referencia a su clasificación.....	49
Gráfico no. 16: Representación de Coeficiente Microbiológico de las muestras tomadas para el jugo primario del tándem B durante la zafra 2010-2011 en referencia a su clasificación.....	50
Gráfico no. 17: Representación de Coeficiente Microbiológico de las muestras tomadas para el jugo diluido del tándem A durante la zafra 2010-2011 en referencia a su clasificación.....	51
Gráfico no. 18: Representación del Coeficiente Microbiológico de las muestras tomadas para el jugo diluido del tándem B durante la zafra 2010-2011 en referencia a su clasificación.....	52
Gráfico no. 19: Coeficiente Microbiológico promedio e Incremento del Coeficiente Microbiológico cada tres horas para las muestras de jugo primario y diluido de la zafra 2010-2011.....	53
Gráfico no. 20: Coeficiente Microbiológico promedio e Incremento del Coeficiente Microbiológico cada tres horas para las muestras de jugo primario y diluido del tándem A de la zafra 2010-2011.....	54
Gráfico no. 21: Coeficiente Microbiológico promedio e Incremento del Coeficiente Microbiológico cada tres horas para las muestras de jugo primario y diluido del tándem B de la zafra 2010-2011.....	55
Gráfico no. 22: Comportamiento del Coeficiente Microbiológico promedio e Incremento del Coeficiente Microbiológico diario para las muestras de jugo primario y diluido de la zafra 2010-2011.....	56

Gráfico no. 23: Comportamiento del Coeficiente Microbiológico promedio e Incremento del Coeficiente Microbiológico diario para las muestras de jugo primario y diluido del tándem A de la zafra 2010-2011.....	57
Gráfico no. 24: Comportamiento del Coeficiente Microbiológico promedio e Incremento del Coeficiente Microbiológico diario para las muestras de jugo primario y diluido del tándem B de la zafra 2010-2011.....	58
Gráfico no. 25: Representación de Coeficiente Microbiológico de las muestras tomadas durante la zafra 2011-2012 en referencia a su clasificación.....	61
Gráfico no. 26: Representación de Coeficiente Microbiológico de las muestras tomadas para el tándem A durante la zafra 2011-2012 en referencia a su clasificación.....	62
Gráfico no. 27: Representación de Coeficiente Microbiológico de las muestras tomadas para el tándem B durante la zafra 2011-2012 en referencia a su clasificación.....	63
Gráfico no. 28: Representación de Coeficiente Microbiológico de las muestras tomadas para el jugo primario durante la zafra 2011-2012 en referencia a su clasificación.....	64
Gráfico no. 29: Representación de Coeficiente Microbiológico de las muestras tomadas para el jugo diluido durante la zafra 2011-2012 en referencia a su clasificación.....	65
Gráfico no. 30: Representación de Coeficiente Microbiológico de las muestras tomadas para el jugo primario del tándem A durante la zafra 2011-2012 en referencia a su clasificación.....	66
Gráfico no. 31: Representación de Coeficiente Microbiológico de las muestras tomadas para el jugo primario del tándem B durante la zafra 2011-2012 en referencia a su clasificación.....	67
Gráfico no. 32: Representación de Coeficiente Microbiológico de las muestras tomadas para el jugo diluido del tándem A durante la zafra 2011-2012 en referencia a su clasificación.....	68
Gráfico no. 33: Representación del Coeficiente Microbiológico de las muestras tomadas para el jugo diluido del tándem B durante la zafra 2011-2012 en.....	69

referencia a su clasificación.....	
Gráfico no. 34: Coeficiente Microbiológico promedio e Incremento del Coeficiente Microbiológico cada tres horas para las muestras de jugo primario y diluido de la zafra 2011-2012.....	70
Gráfico no. 35: Coeficiente Microbiológico promedio e Incremento del Coeficiente microbiológico cada tres horas para las muestras de jugo primario y diluido del tándem A de la zafra 2011-2012.....	71
Gráfico no. 36: Coeficiente Microbiológico promedio e Incremento del Coeficiente Microbiológico cada tres horas para las muestras de jugo primario y diluido del tándem B de la zafra 2011-2012.....	72
Gráfico no. 37: Comportamiento del Coeficiente Microbiológico promedio e Incremento del Coeficiente Microbiológico diario para las muestras de jugo primario y diluido de la zafra 2011-2012.....	73
Gráfico no. 38: Comportamiento del Coeficiente Microbiológico promedio e Incremento del Coeficiente Microbiológico diario para las muestras de jugo primario y diluido del tándem A de la zafra 2011-2012.....	74
Gráfico no. 39: Comportamiento del Coeficiente Microbiológico promedio e Incremento del Coeficiente Microbiológico diario para las muestras de jugo primario y diluido del tándem B de la zafra 2011-2012.....	75
Gráfico no. 40: Representación del Incremento del Coeficiente Microbiológico entre jugo primario y diluido durante la zafra 2011-2012 en referencia a su clasificación.....	76
Gráfico no. 41: Representación del Incremento del Coeficiente Microbiológico entre jugo primario y diluido del tándem A durante la zafra 2011-2012 en referencia a su clasificación.....	77
Gráfico no. 42: Representación del Incremento del Coeficiente Microbiológico entre jugo primario y diluido del tándem B durante la zafra 2011-2012 en referencia a su clasificación.....	78
Gráfico no. 43: Representación de Coeficiente Microbiológico de las muestras tomadas durante la zafra 2012-2013 en referencia a su clasificación.....	81
Gráfico no. 44: Representación de Coeficiente Microbiológico de las muestras	82

tomadas para el tándem A durante la zafra 2012-2013 en referencia a su clasificación.....	
Gráfico no. 45: Representación de Coeficiente Microbiológico de las muestras tomadas para el tándem B durante la zafra 2012-2013 en referencia a su clasificación.....	83
Gráfico no. 46: Representación de Coeficiente Microbiológico de las muestras tomadas para el jugo primario durante la zafra 2012-2013 en referencia a su clasificación.....	84
Gráfico no. 47: Representación de Coeficiente Microbiológico de las muestras tomadas para el jugo diluido durante la zafra 2012-2013 en referencia a su clasificación.....	85
Gráfico no. 48: Representación de Coeficiente Microbiológico de las muestras tomadas para el jugo primario del tándem A durante la zafra 2012-2013 en referencia a su clasificación.....	86
Gráfico no. 49: Representación de Coeficiente Microbiológico de las muestras tomadas para el jugo primario del tándem B durante la zafra 2012-2013 en referencia a su clasificación.....	87
Gráfico no. 50: Representación de Coeficiente Microbiológico de las muestras tomadas para el jugo diluido del tándem A durante la zafra 2012-2013 en referencia a su clasificación.....	88
Gráfico no. 51: Representación del Coeficiente Microbiológico de las muestras tomadas para el jugo diluido del tándem B durante la zafra 2012-2013 en referencia a su clasificación.....	89
Gráfico no. 52: Coeficiente Microbiológico promedio e Incremento del Coeficiente Microbiológico cada tres horas para las muestras de jugo primario y diluido de la zafra 2012-2013.....	90
Gráfico no. 53: Coeficiente Microbiológico promedio e Incremento del Coeficiente Microbiológico cada tres horas para las muestras de jugo primario y diluido del tándem A de la zafra 2012-2013.....	91
Gráfico no. 54: Coeficiente Microbiológico promedio e Incremento del Coeficiente Microbiológico cada tres horas para las muestras de jugo primario.	92

y diluido del tándem B de la zafra 2012-2013.....	
Gráfico no. 55: Comportamiento del Coeficiente Microbiológico promedio e Incremento del Coeficiente Microbiológico diario para las muestras de jugo primario y diluido de la zafra 2012-2013.....	93
Gráfico no. 56: Comportamiento del Coeficiente Microbiológico promedio e Incremento del Coeficiente Microbiológico diario para las muestras de jugo primario y diluido del tándem A de la zafra 2012-2013.....	94
Gráfico no. 57: Comportamiento del Coeficiente Microbiológico promedio e Incremento del Coeficiente Microbiológico diario para las muestras de jugo primario y diluido del tándem B de la zafra 2012-2013.....	95
Gráfico no. 58: Representación del Incremento del Coeficiente Microbiológico entre jugo primario y diluido durante la zafra 2012-2013 en referencia a su clasificación.....	96
Gráfico no. 59: Representación del Incremento del Coeficiente Microbiológico entre jugo primario y diluido del tándem A durante la zafra 2012-2013 en referencia a su clasificación.....	97
Gráfico no. 60: Representación del Incremento del Coeficiente Microbiológico entre jugo primario y diluido del tándem B durante la zafra 2012-2013 en referencia a su clasificación.....	98

LISTADO DE TABLAS

Tabla no.1: Valoraciones dadas al Control Microbiológico por su valor numérico.....	19
Tabla no.2: Valoraciones dadas al Incremento en el Coeficiente Microbiológico por su valor numérico.....	20
Tabla no.3: Conteo de las muestras tomadas durante la zafra 2010-2011 en referencia a su clasificación CM.....	23
Tabla no 4: Conteo de las muestras tomadas durante la zafra 2010-2011 en referencia a su clasificación IC promedio cada 3 horas.....	23
Tabla no. 5: Coeficiente Microbiológico testigo en el simulador del tándem.....	45
Tabla no. 6: Coeficiente Microbiológico de para medir la efectividad del bactericida a una concentración de 1000ppm en el simulador del tándem.....	46
Tabla no. 7: Coeficiente Microbiológico de para medir la efectividad del bactericida a una concentración de 100ppm en el simulador del tándem.....	46
Tabla no 8: Conteo de las muestras tomadas durante la zafra 2011-2012 en referencia a su clasificación.....	60
Tabla no. 9: Conteo de las muestras tomadas durante la zafra 2011-2012 en referencia a su clasificación IC promedio cada 3 horas.....	60
Tabla no. 10: Conteo de las muestras tomadas durante la zafra 2011-2012 en referencia a su clasificación.....	80
Tabla no. 11: Conteo de las muestras tomadas durante la zafra 2012-2013 en referencia a su clasificación IC promedio cada 3 horas.....	80

LISTADO DE FIGURAS

Figura no. 1. Mapa de ubicación de los ingenios azucareros en Guatemala.....	7
Figura no. 2. Proceso de producción de azúcar (Extracción de Jugo de Caña)..	10
Figura no. 3. Solución de resazurina.....	16
Figura no. 4. Colores presentados en la reducción de la resazurina.....	17
Figura no. 5. Diagrama de flujo para hacer el test de resazurina.....	18
Figura no. 6. Modelo de simulación de los tándem.....	20

RESUMEN

El objetivo general de este trabajo es analizar los resultados de la implementación de un sistema integrado de control microbiológico en el área de extracción de jugo de caña. Para lograr esto se establecieron los procedimientos para realizar la prueba de rezarsurina de forma adecuada a gran escala, se trabajó en el desarrollo de una herramienta para analizar la gran cantidad de datos recopilados y se hicieron las primeras pruebas de la acción del bactericida haciendo una simulación en pequeña escala del tándem.

Se hicieron pruebas en laboratorio para definir el equipo y el procedimiento adecuado para que la prueba de rezarsurina fuera válida, se dedicó especial atención al almacenamiento de la solución de rezarsurina, temperatura de la reacción y a la necesidad anaeróbica que debían reproducirse en el análisis. Se desarrolló una herramienta específicamente para el análisis de los datos obtenidos, en la que se observaron tendencias del Coeficiente Microbiológico (CM) en relación a fechas de la zafra y horas del día. También se hicieron segmentaciones de la base de datos según el CM obtenido de las muestras y se determinó un indicador de Actividad Microbiológica en el tándem determinando la diferencia entre el CM de muestras de Jugo Primario y CM de muestras de Jugo Diluido. Finalmente se hicieron comparaciones de los resultados de diferentes zafras. Se hicieron las primeras pruebas para determinar la acción del bactericida en el tándem, determinando las concentraciones más adecuadas para mantener un control de la Actividad Microbiológica en el tándem.

I. INTRODUCCIÓN

La agroindustria azucarera guatemalteca está conformada por un grupo de empresas dedicadas al cultivo, cosecha y procesamiento de la caña y sus derivados, contribuyendo de forma activa con el desarrollo económico, social y ambiental del país.

<<La industria azucarera en Guatemala es una de las principales fuentes de generación de empleo y de divisas para el país, contribuyendo con 300,000 empleos directos e indirectos y con alrededor del 13% del total de las exportaciones del país, cantidades las cuales representan cerca del 3% del Producto Interno Bruto nacional.>> (Asazgua, 2011)

El deterioro de la caña empieza inmediatamente después del corte, siendo mayor a medida que aumenta el tiempo de permanencia en el campo o en los patios del molino, debido a que el jugo de caña provee un medio perfecto para el establecimiento de microorganismos brindándoles los nutrientes necesarios para su desarrollo, lo cual provoca un menor rendimiento en la extracción del jugo. A pesar de que estos microorganismos presentan actividad hasta el momento del calentamiento del jugo (evaporación), donde mueren por las elevadas temperaturas, producen sustancias que permanecen en el jugo, las cuales provocan secuelas en las operaciones consecuentes.

Si bien el control microbiológico es necesario únicamente desde el corte de la caña hasta el calentamiento del jugo, también es importante evaluar el impacto de las secuelas que los microorganismos producen.

El estudio microbiológico se llevó a cabo en el Ingenio Pantaleón, y con base en las fases anteriores a este proyecto, las cuales se dedicaron principalmente a la investigación de métodos e indicadores para establecer un control sobre los microorganismos, se logró iniciar la implementación de los mismos y la evaluación de los resultados.

El presente documento trata sobre un análisis de los resultados de los métodos implementados para el control microbiológico integrado en el área de extracción de jugo de caña del Ingenio Pantaleón.

Se cuenta con un programa en el cual se recopilaron los datos obtenidos de la prueba de rezasurina y se hizo una evaluación estadística en la interface Microsoft Excel. Además de hacer el análisis de control microbiológico también se hizo un análisis del incremento microbiológico que sirve como un indicador de lo que ocurre desde que el jugo entra al tándem hasta que sale.

Adicionalmente, se diseñó un dispositivo de flujo dinámico de jugo de caña, que simula el tándem de forma micro para evaluar la residencia del bactericida, con lo cual se pretende que en estudios posteriores se evalué el tiempo de efectividad del bactericida en el jugo de caña.

II. ANTECEDENTES

A. CAÑA DE AZÚCAR

Se cree que la caña de azúcar es originaria de la India, específicamente del territorio de Bengala, situado entre el Himalaya y el Golfo de Bengala. En Europa las primeras noticias sobre la caña de azúcar fueron gracias a las expediciones realizadas por Alejandro Magno.

En un inicio la caña se consumía directamente, pero más tarde se utilizó su zumo, fresco o fermentado y mezclado con agua. La obtención del azúcar sólido es muy posterior, aunque probablemente se realizó en la India, como parece deducirse de su etimología, del vocablo hindú “Sparkara”, del que derivan la voz persa “xacar” y la árabe “acúcar”, que significan guijarro o piedrecita.

La caña de azúcar es una planta perenne de gran tamaño, perteneciente a la familia de las gramíneas, género “saccharum”. Se presenta en forma de una caña de altura que varía entre 1.5m a 5m, de coloraciones diversas (verde, amarillo, violeta, rojizo), de tinte unido o estriado.

<<En su segundo viaje a las Indias, Colón llevó caña de España a Santo Domingo, donde prosperó fácilmente. En 1518 existían muchas fábricas de zumo. Hacia el año 1600 la producción de azúcar de caña en América tropical constituía la mayor industria del mundo>>. (Porta, 412)

<<Las raíces son ramificadas, numerosos y finas, y se extienden a una profundidad de 1m a 2m y radio de 0.5m a 1m de la planta. El tallo procede de una yema activa, desarrollada a nivel de un nudo, su diámetro varía entre 3cm a 7cm, y está dividido por los nudos en trozos de entre 4cm a 15cm. Las hojas, situadas alternamente, son delgadas y largas, de 4cm a 8cm de ancho y de 60cm a 80cm de longitud. Las yemas se desarrollan, brotando y formando nuevos tallos, la parte superior presenta la yema terminal. Antes de la madurez emerge en la parte superior el penacho, que contiene la espiga-flor. En general, la planta sólo espiga en los países tropicales>>. (Porta, 412-413)

Existen dos formas para reproducir la caña, por estaquillado (trozos de tallo) o por reproducción sexual (semillas).

- Estaquillado: es el más utilizado y consiste en cortar, preferentemente, la parte superior del tallo y sembrarla en el nuevo surco. Se procura que cada estaca contenga al menos dos yemas.
- Reproducción sexual: ha dado origen a todas las nuevas variedades de caña. En este caso las semillas poseen las mejores características de las plantas madre: riqueza en azúcar, resistencia a enfermedades, época de madures, color, etc. A su vez las plantas originadas por cruzamiento pueden ser:
 - Híbridos artificiales: se obtienen encerrando en sacos de muselina flores de las mejores variedades y fecundándolas con polen de otros individuos igualmente seleccionados.
 - Híbridos naturales: se obtienen encerrando en el mismo saco flores de las dos variedades que se desean cruzar.
 - Plantas autofecundadas: obtenidas encerrando la flor en el saco antes de abrirse sus antenas y dejando que se fecunde a sí misma.

B. HISTORIA DE LOS INGENIOS EN GUATEMALA

La caña de azúcar se conocía en Guatemala desde aproximadamente 1530, pero no fue sino hasta 1590 cuando los frailes dominicos fundaron el primer ingenio, en San Jerónimo, Baja Verapaz. Su producción era de alrededor de 150 quintales al mes, y utilizaba 1000 trabajadores para la misma. El transporte de la caña se hacía en mulas de carga.

La Primera Guerra Mundial (1914-18) trajo consigo una mayor demanda de azúcar refinada guatemalteca. Para entonces, el mejor mercado lo constituía Alemania, pero el conflicto hizo que Francia, por ejemplo, ofreciera altos precios por el dulce. Pese a restricciones locales impuestas por el gobierno del dictador Manuel Estrada Cabrera (1898-1920), como el control de precios y límites a las exportaciones, la mayor parte de las existencias locales de azúcar se desviaron hacia el extranjero debido a que registraban mayores precios. (Kirk, 1962)

Hacia finales del siglo XX fueron fundados cinco ingenios más, entre ellos Ingenio Pantaleón, pero no fue hasta los años 60 cuando Estados Unidos (EEUU) reasignó la cuota de Cuba y la distribuyó en toda Centroamérica cuando mucho más ingenios fueron fundados, y se inició formalmente la exportación de azúcar, a través de un grupo formado por todos los ingenios (pool). Los sucesos ocurridos dieron un auge a la producción de azúcar en el país debido a un alza significativa en los precios del azúcar, fundando así los ingenios: El Pilar en 1975, Magdalena en 1975, Tierra Buena en 1977 y Guadalupe en 1981.

Fue a principios de este período cuando los ingenios principiaron a exportar su azúcar en forma independiente. Las exportaciones estuvieron restringidas por escasez de azúcar en el mercado local o por limitaciones de cuota. Inicialmente los ingenios tenían períodos largos de zafra, trabajando ininterrumpidamente sus labores durante los días de lluvia, debido a la imposibilidad de llevar caña al ingenio. Los altos costos de este tipo de trabajo intermitente los llevó a pasar la zafra de enero a mayo, los meses de verano, cuando no había lluvias. Además con el tiempo unieron fuerzas para reunirse en una asamblea anual todos los ingenios para comparar datos de operación para tomar medidas para corregir problemas. (Mirón, 1998)

Así se fundó la Asociación de Técnicos Azucareros de Guatemala (ATAGUA) con el fin de fomentar el intercambio de experiencias y tecnología y la difusión de conocimientos técnicos para impulsar el desarrollo de la Agroindustria Azucarera. Esto propició la transferencia de tecnología en congresos y simposios con otras Asociaciones de Técnicos Azucareros de Centroamérica y Latinoamérica. (CENGICANA, 2012)

Originalmente las exportaciones se efectuaban en el muelle de Puerto Barrios, pero como consecuencia del terremoto de 1979 las operaciones tuvieron que ser trasladadas al Puerto de Santo Tomas, debido al colapso de la estructura en Puerto Barrios.

A partir de 1980 la agroindustria azucarera se ha transformado en una de las principales fuentes de empleo y divisas para la economía guatemalteca. En 1990 la Agroindustria Azucarera comienza a posicionarse a nivel mundial, se ubica entre los diez países más importantes en volúmenes de exportación. La Agroindustria Azucarera Guatemalteca ha

venido creciendo permanentemente desde los años 60's hasta llegar a ubicar a Guatemala como el quinto país exportador de azúcar a nivel mundial, el segundo en Latinoamérica y el tercer lugar en productividad a nivel mundial. El azúcar es el segundo producto agrícola en Guatemala en generación de divisas, constituyéndose en una importante contribución a la economía nacional. (CENGICAÑA, 2012)

C. HISTORIA DEL INGENIO PANTALEÓN

El 20 de agosto de 1849, don Manuel María Herrera, adquirió la finca Pantaleón. A base de grandes esfuerzos y una gran visión, Pantaleón se diversificó, transformándose de una hacienda ganadera, a una finca de caña y productora de panela y finalmente convirtiéndose en un ingenio azucarero. En 1883 muere don Manuel María Herrera y sus herederos fundan Herrera y Compañía y en el año 1973 cambian el nombre de la empresa a Pantaleón, Sociedad Anónima. (Grupo Pantaleón, 2015)

El ingenio Pantaleón alcanzó el liderazgo de la industria azucarera de Guatemala en 1976, convirtiéndose en el ingenio de mayor volumen de producción del área centroamericana. En 1984 asumió la administración y el control de las operaciones del Ingenio Concepción, ocupando un importante lugar en cuanto al volumen de producción en el país. En el mes de junio de 1998, continuando con la estrategia de crecimiento y diversificación geográfica, la organización adquirió el Ingenio Monte Rosa, localizado en la zona occidental de la República de Nicaragua. A finales del año 2000 se integran los tres ingenios y deciden participar como subsidiarias de la organización conocida como "Pantaleón". (Grupo Pantaleón, 2015)

En el año 2006 se asume otro gran reto en la estrategia de crecimiento al incursionar en Brasil, en una alianza estratégica con el grupo brasileño UNIALCO y el grupo MANUELITA de Colombia, para la construcción y operación del ingenio sucro-alcoholero Vale do Paraná, localizado en Suzanápolis Oeste del estado de São Paulo, Brasil. (Grupo Pantaleón, 2015)

En el mes de agosto de 2008, Pantaleón obtiene la administración del Ingenio La Grecia, ubicado en Choluteca, Honduras. Esta nueva alianza contribuirá a afianzar el

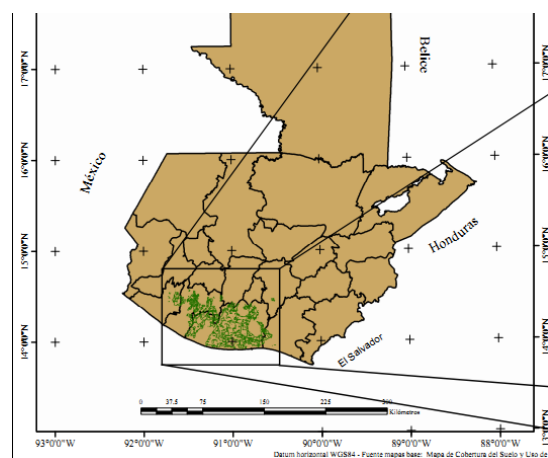
liderazgo en la industria azucarera en América Latina, cumplir con la visión a largo plazo de la organización y permitir combinar fortalezas y cooperar con el desarrollo sustentable de la industria en Honduras. (Grupo Pantaleón, 2015)

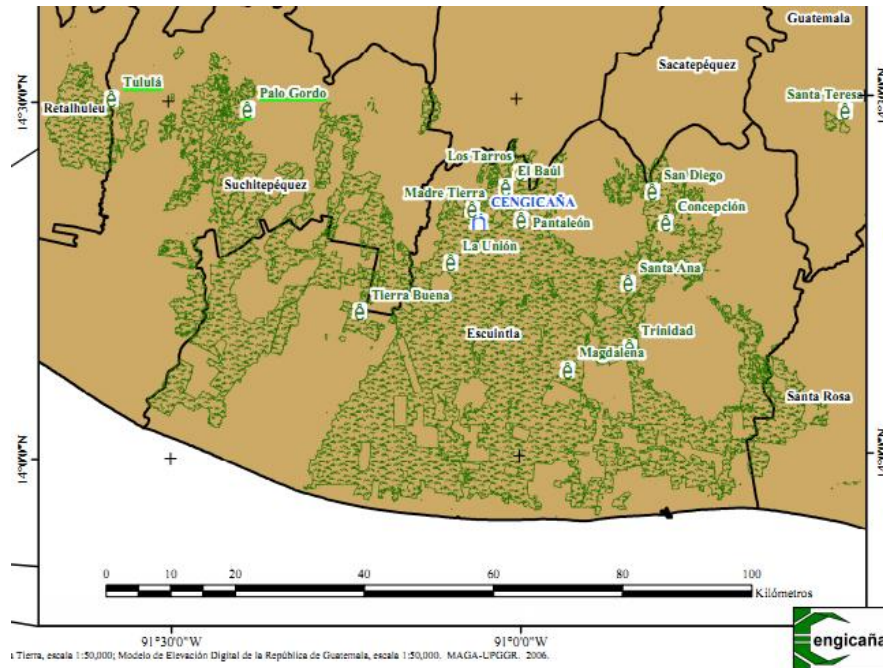
En los últimos 36 años, Pantaleón ha mantenido un desarrollo acelerado, construyendo modernas plantas y realizando inversiones productivas en el agro y la industria, con tecnología de punta y procesos innovadores que le han permitido ser reconocido como uno de los principales productores eficientes de bajo costo en el mundo. (Grupo Pantaleón, 2015)

D. LOCALIZACIÓN DE LOS INGENIOS AZUCAREROS EN GUATEMALA

Todos los ingenios importantes de Guatemala están localizados en el área sur del país, en los municipios de Escuintla y Suchitepéquez debido a que las condiciones ambientales (clima, tierra)son las propicias para el crecimiento y desarrollo máximo de las plantaciones de caña de azúcar. Estos ingenios son: Tululá, Palo Gordo, Madre Tierra, La Unión, Pantaleón, Concepción, Magdalena, Santa Ana, Trinidad y El Pilar.

Figura no. 1. Mapa de ubicación de los ingenios azucareros en Guatemala





La cosecha o zafra está dividida bimestralmente, debido a las diferencias en productividad de azúcar en el transcurso de la zafra. El primer tercio de producción comprende los dos primeros meses, noviembre y diciembre, y se caracteriza por ser el de mayor productividad, el segundo tercio es en enero y febrero, y se caracteriza por ser el de mayor concentración de azúcar, y el último tercio comprende los meses de marzo y abril, aunque ocasionalmente puede llegar a mediados de mayo, posee los rendimientos más bajos.

E. EXTRACCIÓN DE JUGO DE CAÑA

La caña se descarga sobre las mesas de alimentación por medio de viradores de caña con capacidad de 50 ton. en las mesas de caña se aplica agua a 120°F para lavado eliminado así sólidos que no son azúcar como la tierra y piedras para tener un proceso más limpio, luego la caña es sometida a un proceso de preparación que consiste en desfibrar los tallos por medio de cuchillas fijas hasta reducirla a astillas con el objetivo de poder pasarlas al proceso de extracción de jugo, en este proceso se realiza la extracción de la sacarosa, en

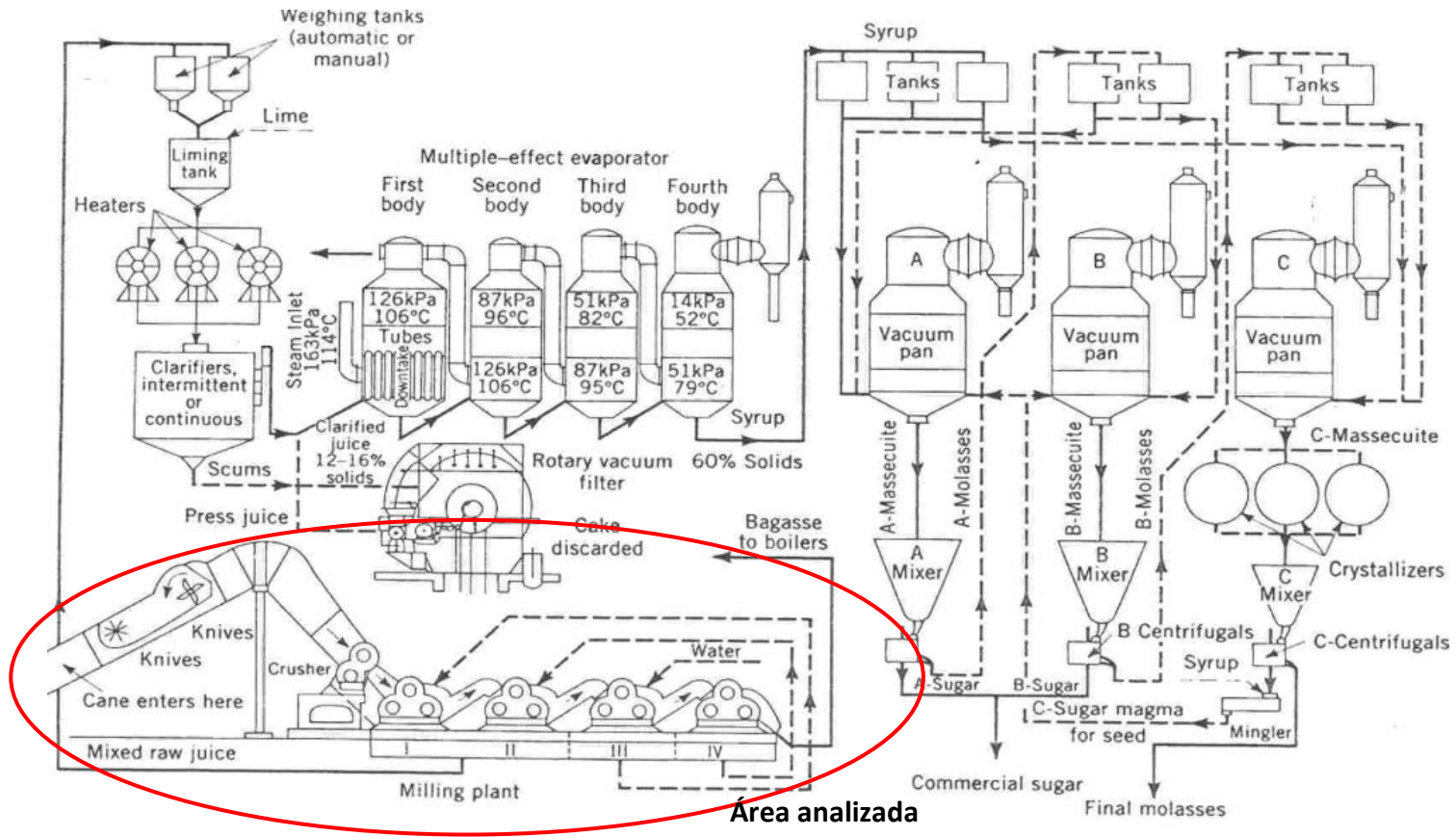
donde la caña es exprimida y lavada constantemente. El lavado se hace con el jugo extraído en el molino siguiente y el lavado en el último molino se hace con agua caliente. El bagazo sobrante es usado como combustible en las calderas para generar vapor.

El jugo proveniente del primer molino se conoce como jugo primario, puesto que proviene únicamente de la molienda de la caña, sin agua o algún componente adicional. El jugo diluido es el que se obtiene de la extracción de los molinos subsecuentes, el bagazo al salir del primer molino es conducido al segundo molino, luego al tercero, y así sucesivamente hasta el sexto molino, donde el bagazo es finalmente llevado a las calderas. En dirección inversa, es decir del sexto al segundo molino se aplica agua de maceración a altas temperaturas, con el objetivo de extraer la mayor cantidad de sacarosa posible del bagazo. (Honig, 1959; Manuelita S.A, 2005)

El jugo de primera extracción y el de los molinos posteriores se reúne en el colador donde se retira parte del bagacillo. Finalmente el jugo es conducido por tuberías hacia los tanques báscula que descargan en el tanque de jugo mezclado donde se alcaliniza para regular su acidez, luego pasa a clarificadores continuos a altas temperaturas, donde se sedimentan las impurezas y el jugo claro que sobrenada es extraído por la parte superior. Las impurezas sedimentadas pasan a los filtros rotatorios al vacío que dejan pasar el jugo y retienen la cachaza que es utilizada como abono. El jugo clarificado pasa a los evaporadores, en donde se le extrae el cerca del 80% del contenido de agua hasta obtener el jarabe. (Honig, 1959; Manuelita S.A, 2005)

La cristalización de la sacarosa que contiene el jarabe se lleva a cabo en tachos al vacío; los cristales de sacarosa se separan de la miel en las centrífugas. Las mieles vuelven a los tachos para ser agotadas y finalmente son utilizadas como materia prima en la producción de alcohol etílico en la destilería. El azúcar de primera calidad retenido en las mallas de las centrífugas, se disuelve con agua caliente y recibe el nombre de licor, el cual se envía a la refinería para continuar el proceso. (Honig, 1959; Manuelita S.A, 2005)

Figura no. 2. Proceso de producción de azúcar (Extracción de Jugo de Caña)



Área analizada

F. MICROORGANISMOS EN EL PROCESO

La extracción comprende una operación de molienda en la que se obtiene el jugo primario y diluido, cuyas características físicas y químicas lo convierten en un excelente sustrato para el desarrollo de la actividad microbológica. Las etapas posteriores a la extracción consisten en cierta forma en tratamientos a alta temperatura por lo que el número de microorganismos presentes en cualquier punto desde la evaporación hasta el producto final es relativamente bajo aunque es importante mencionar que en estos procesos existen problemas debido a los desechos de los microorganismos.

G. PÉRDIDAS DE SACAROSA

En los ingenios azucareros se presentan pérdidas que son definidas dependiendo del esquema de operación, realizando balances que incluyen la cuantificación de la sacarosa según las características físico-químicas de los jugos y productos intermedios del proceso. Teniendo en cuenta la sacarosa que ingresa en la caña, la sacarosa presente en el bagazo, en la melaza final, en los efluentes, y el azúcar final obtenido, estos balances muestran un porcentaje de azúcar que se pierde en el proceso y que se conoce como “pérdidas indeterminadas”. (Broadfoot, 2001)

H. AZÚCARES REDUCTORES

La sacarosa puede ser invertida por efecto enzimático o físico-químico en sus azúcares reductores, glucosa y fructosa. Su poder reductor se debe al grupo carbonilo que queda libre en su molécula. Este carácter reductor puede ponerse de manifiesto mediante diversos métodos, entre los cuales el más utilizado en los Ingenios Azucareros es el método de Eynon y Lane, en que se produce una reacción redox entre los azúcares reductores y el sulfato de Cobre (II). Las soluciones de esta sal tienen color azul y tras la reacción con el azúcar reductor se forma óxido de Cobre (I) de color rojo. De este modo, el cambio de color indica que se ha producido la reacción y que, por lo tanto, el azúcar reductor está presente. Los azúcares reductores son el producto intermedio de la descomposición de la

sacarosa y son el índice más empleado para la detección de pérdidas en jugos, (Laboratory Manual for South African sugar factories, 1985)

I. TEST DE REZARSURINA

Se trata de un test para determinación orientativa de los microorganismos aerobios. La resazurina adquiere, en medio ligeramente alcalino, un color azul oscuro. La oxido reductasa microbiana reduce la resazurina a resorufina (de color rojo) e incluso a hidioresorfina (incolora). El tiempo necesario para que se verifique esta reducción depende de la cantidad de óxido reductasa y, por lo tanto, del número de microorganismos aerobios.

Para llevar a cabo el test para fines de determinación de microorganismos en el jugo de caña es necesario:

a. Equipo

- Tubos Vacuteiner con tapa
- Colador
- Recipientes plásticos con tapadera
- Toma muestras
- Baño de María (fuente de energía)
- Lámpara
- Agitador
- Termómetro
- Cronómetro

b. Reactivos

- Solución de rezasurina(5ppm)

J. AGENTES BIOCIDAS

Los agentes biocidas aplicados en ingenios azucareros en el mundo deben cumplir con tres especificaciones:

- Estar aprobados por la normatividad vigente de regulación en alimentos.
- Ser relativamente económicos y de fácil aplicación .
- No deben ser volátiles y funcionar a las temperaturas que se presenten en el proceso. (Ravnö, 2001)

La aplicación debe ser adaptada a las condiciones de la fábrica, para que tenga impacto sobre los grupos de microorganismos que muestren tendencia a desarrollarse en lugares específicos del proceso; para la aplicación de un agente biocida económicamente viable es necesario determinar el punto más apropiado de aplicación y la dosis más apropiada con el fin de optimizar la actividad (Antier, 1996; Hollaus, 1978), así como tener en cuenta la forma de aplicación, temperaturas del proceso y diseño de la planta de extracción. (Van der Poel *et al.*, 1998)

III. JUSTIFICACIÓN

El estudio de la actividad microbiana en la industria azucarera nace con la idea de implementar diferentes metodologías que permitan hacer más eficiente los procesos de transformación de la caña.

La actividad microbiológica es un problema presente en los ingenios azucareros, ya que afecta de forma negativa su rendimiento, desde el corte de la caña y en cada proceso de transformación de forma directa e indirecta dentro de la fábrica, hasta el producto final.

El jugo de caña provee las condiciones ideales para que los microorganismos se desarrollen plenamente, debido a que les brinda un medio rico en nutrientes sin hacer esfuerzo alguno y a una temperatura agradable hasta antes del calentamiento en los evaporadores. Y aún luego del calentamiento se presentan secuelas en el producto y en las operaciones consiguientes.

Anteriormente se han realizado estudios respecto al control microbiológico en las etapas de extracción de jugo, las cuales fueron de gran utilidad para los análisis y estudios que se realizan en este trabajo. Aunque no se han logrado interpretar los resultados del sistema de control microbiológico actual para establecer acciones correctivas de aplicación de bactericida. Así como estudiar las variables que afectan la actividad microbiológica, como la temperatura para establecer una relación con los puntos críticos del tándem y observar tendencias generales. Cabe mencionar que tampoco se han hecho estudios sobre el tiempo de efectividad del bactericida en el jugo, lo cual se busca con el dispositivo de flujo dinámico.

IV. OBJETIVOS

A. GENERAL

1. Analizar los resultados de la implementación de un sistema integrado de control microbiológico en el área de extracción de jugo de caña.

B. ESPECÍFICOS

1. Analizar los resultados de la implementación sistemática de control microbiológico en el tándem durante la zafra 2010-2011 a través de la prueba de rezarsurina.
2. Analizar y comparar los resultados de la implementación sistemática de control microbiológico en el tándem durante las zafras 2010-2011, 2011-2012 y 2012-2013 a través de la prueba de rezarsurina.
3. Diseñar y mejorar a la plataforma de análisis de datos para obtener resultados más detallados de los datos recopilados durante las zafras 2010-2011, 2011-2012 y 2012-2013.
4. Diseño y pruebas iniciales de dispositivo para medir efectividad de bactericida considerando tiempo de residencia en el tándem.

V. METODOLOGÍA

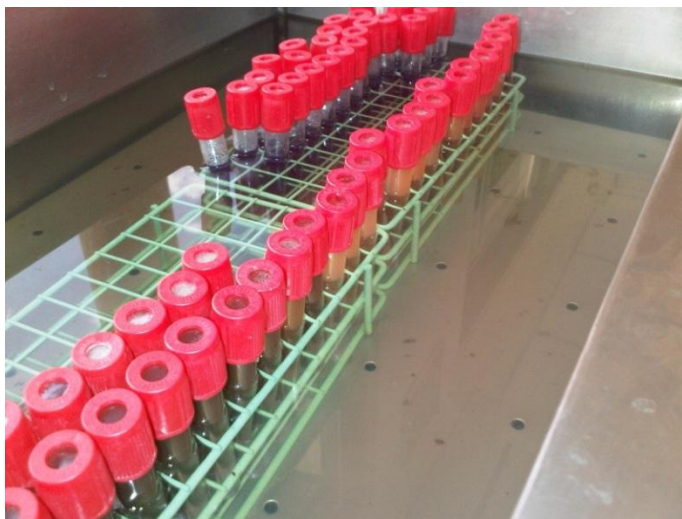
A. ANÁLISIS DE RESULTADOS DEL SISTEMA DE CONTROL MICROBIOLÓGICO

Para determinar el coeficiente microbiológico tanto para el jugo primario como para el diluido se utilizó la prueba de resazurina. Los datos obtenidos a partir de esta prueba fueron ingresados en un programa de donde se obtuvo un análisis estadístico, y se interpretaron para tomar acciones correctivas en relación con el bactericida.

1. Preparación de solución de resazurina. Se prepara una solución de resazurina a una concentración de 10 ppm. Se esteriliza un balón de 1000 mL en donde se mezcla la disolución. Se esterilizan 500 mL de agua para la dilución de la resazurina. Se debe esterilizar la otra cristalería utilizada para la preparación de la solución de resazurina.

La solución de color azul-morado se debe almacenar en un lugar oscuro, en un recipiente forrado con aluminio y a una temperatura de 5°C, para evitar la descomposición de la misma (oxidación) y evitar que oscurezca cualquier actividad microbiológica que arruine la solución.

Figura 3. Solución de resazurina



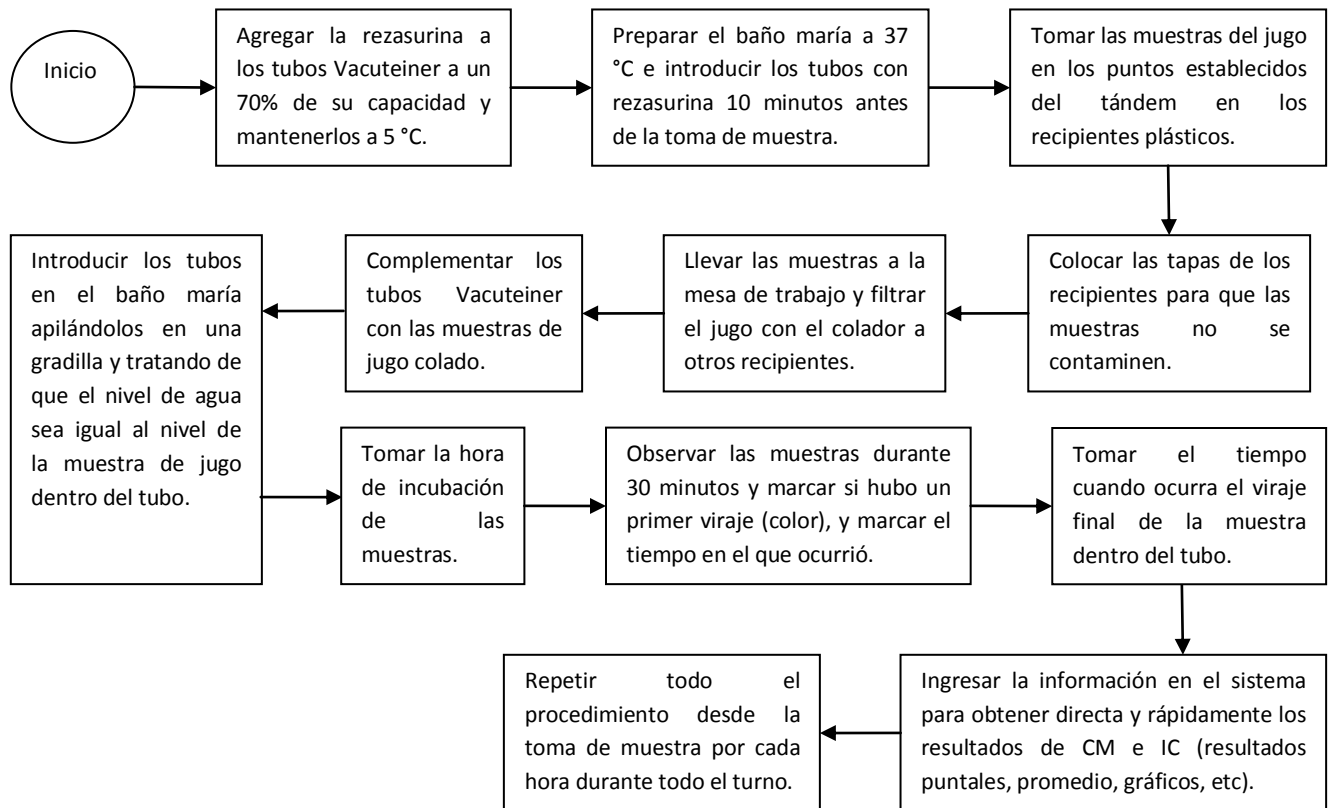
2. Aplicación de la prueba de Resazurina. Se procede a limpiar los tubos de ensayo que se utilizarán para incubar las muestras de jugo de caña. Se llena con resazurina los tubos de ensayo hasta un 70% de su capacidad. Se termina de llenar el tubo con la muestra de jugo de caña. Cabe mencionar que las tapaderas de los tubos vacuteiner deben tener un pequeño agujero para dejar salir el aire.

Se coloca el tubo de ensayo en el baño de María a 37°C en una gradilla y se toma el tiempo inicial de incubación de las muestra. Se debe verificar la variación del color del tubo de ensayo durante el tiempo. Al llegar a un color equivalente al color del jugo de caña, se finaliza la incubación y se anota el tiempo final de la muestra. Cabe mencionar que el tiempo del primer viraje (color rosa) debe ser tomado para futuras investigaciones.

Figura 4. Colores presentados en la reducción de la resazurina



Figura 5. Diagrama de flujo para hacer el test de resazurina



3. Interpretación de resultados para prueba optimizada. Para la interpretación de los resultados obtenidos por el Test de resazurina se contabilizó el tiempo total de viraje final de las muestras de jugo de caña y se transformó a números decimales. Con el tiempo de viraje se halla el Coeficiente Microbiológico.

Ecuación no. 1

$$CM = \frac{5}{t_R} \cong \text{Carga} + \text{actividad microbiana}$$

Donde: CM... coeficiente microbiológico.

t_R ... tiempo de reducción de la resazurina de la muestra analizada.

A continuación se muestra las valoraciones dadas al CM según su valor numérico. Se decidió utilizar cuatro intervalos para los valores a los cuales se les asignó un color. Las valoraciones fueron bueno, alerta, malo y crítico. Este sistema de valoración tiene como fin ser una herramienta simple y de fácil comprendido para los operarios del test.

Tabla no.1: Valoraciones dadas al Control Microbiológico por su valor numérico.

Interpretación	Intervalo	Color
Bueno	<1.75	Verde
Alerta	[1.75-2.0)	Amarillo
Malo	[2.0-3.0)	Naranja
Crítico	>3.00	Rojo

B. INCREMENTO DEL COEFICIENTE MICROBIOÓGICO (IC)

El IC es una variable que se utiliza para comparar salidas y entradas en una unidad, un punto o todo un sistema con base en los valores de CM. El IC es negativo o cero, si no hay un incremento de los valores de CM y es positivo cuando existe un incremento entre los puntos de entrada y salida a comparar.

Ecuación no. 2

$$IC = CM_2 - CM_1$$

Donde: IC... incremento del coeficiente microbiológico entre dos puntos.

CM₂... coeficiente microbiológico en un punto (generalmente la salida de un punto o unidad).

CM₁... coeficiente microbiológico en un punto (generalmente la entrada de un punto o unidad).

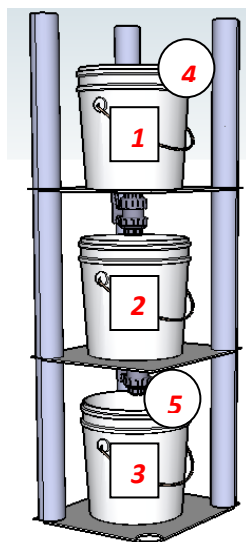
Tabla no.2: Valoraciones dadas al incremento en el Coeficiente Microbiológico por su valor numérico.

Interpretación	Intervalo	Color
Bueno	<0.05	Verde
Regular	[0.05-0.10)	Azul
Alerta	[0.10-0.50)	Amarillo
Malo	[0.50-1.0)	Naranja
Crítico	>1.00	Rojo

C. DISPOSITIVO DE FLUJO DINÁMICO DE JUGO DE CAÑA

Para hacer la simulación del tándem se construyó un sistema micro que consistió en una serie de recipientes en donde se hizo fluir el jugo de caña y se agregó el bactericida a diferentes concentraciones. Luego de haber agregado el bactericida se procedió a tomar muestras para aplicarles la prueba de rezasurina cada tres minutos durante 40 minutos.

Figura 6. Modelo de simulación de los tándem



El sistema se encuentra montado en una base rígida hecha de madera, y consta de las siguientes partes:

- Base: consta de cuatro paralelos de madera en las esquinas y tres pisos sobre los cuales están soportadas las cubetas.
- Cubetas plásticas: con capacidad de 5 galones por donde fluye el jugo.
- Válvulas plásticas de bola: a la salida de las cubetas 1 y 2 para controlar el flujo de jugo de caña en el sistema.
- Filtros plásticos: con aberturas de 1mm. Se colocaron antes de las válvulas de salida de jugo de caña para evitar que las mismas se taparan.

1. El mecanismo de funcionamiento del sistema el siguiente. Se vertió jugo de caña fresco en la cubeta 1, mientras se reguló el flujo de jugo de caña por medio de la válvula de salida hacia la cubeta 2 para mantener un nivel constante de jugo, a la vez se reguló el flujo hacia la cubeta 3 con la válvula de salida de la cubeta 2. En este punto lo importante fue mantener el nivel de jugo de caña en la cubeta 2 constante. Cuando se estabilizó el nivel del sistema se tomaron las primeras muestras del jugo de caña para hacerles la prueba de resazurina y así determinar la calidad (actividad microbiológica) de jugo inicial.

Una vez tomadas las muestras iniciales se agregó el bactericida a concentraciones de 100ppm y 1,000 ppm en la cubeta 2. Cabe mencionar que en todas las pruebas se agregó en forma de shock, ya que se cree que el bactericida es más efectivo de esta forma. Luego se tomaron muestras en los puntos 4 y 5 cada tres minutos durante aproximadamente 40 minutos. Debido a que el sistema funciona como un proceso por lotes, fue de suma importancia regular las válvulas de salida para que el flujo fuera constante durante el tiempo que duró el experimento e importante también la limpieza constantemente de los filtros principalmente en la salida de la cubeta 1, ya que el jugo de caña fresco poseía muchas partículas sólidas (contaminantes) que tapaban las válvulas.

2. Cálculo de concentración de bactericida. Para el cálculo del volumen de la cubeta se supuso que la misma era cilíndrica, a pesar de que tenía cierta, aunque mínima reducción en la base.

Ecuación no. 3:

$$V = \pi * r^2 * h$$

Es necesario medir el radio de la cubeta y la altura a la que se desea que el jugo de caña estabilice, es decir la altura del jugo de caña en la cubeta al momento de hacer el experimento.

Según las pruebas realizadas en laboratorio, la concentración mínima a la que todavía es efectivo el bactericida es de 100ppm, por lo que se utilizó como límite inferior de la concentración, además para comparar resultados se utilizó también una concentración de 1,000ppm.

VI. RESULTADOS

Tabla no.3: Conteo de las muestras tomadas durante la zafra 2010-2011 en referencia a su clasificación CM

Interpretación	Visual	Conteo de muestras	Representación
Bueno	Verde	2,592	43%
Alerta	Amarillo	1,089	18%
Malo	Naranja	1,967	33%
Crítico	Rojo	381	6%
	Total	6,029	100%

Tabla no 4: Conteo de las muestras tomadas durante la zafra 2010-2011 en referencia a su clasificación IC promedio cada 3 horas

Interpretación	Visual	Conteo de muestras	Representación
Bueno	Verde	190	10%
Regular	Azul	61	13%
Alerta	Amarillo	282	61%
Malo	Naranja	64	14%
Crítico	Rojo	8	2%
	Total	605	100%

Gráfico no 1: Representación de Coeficiente Microbiológico de las muestras tomadas durante la zafra 2010-2011 en referencia a su clasificación

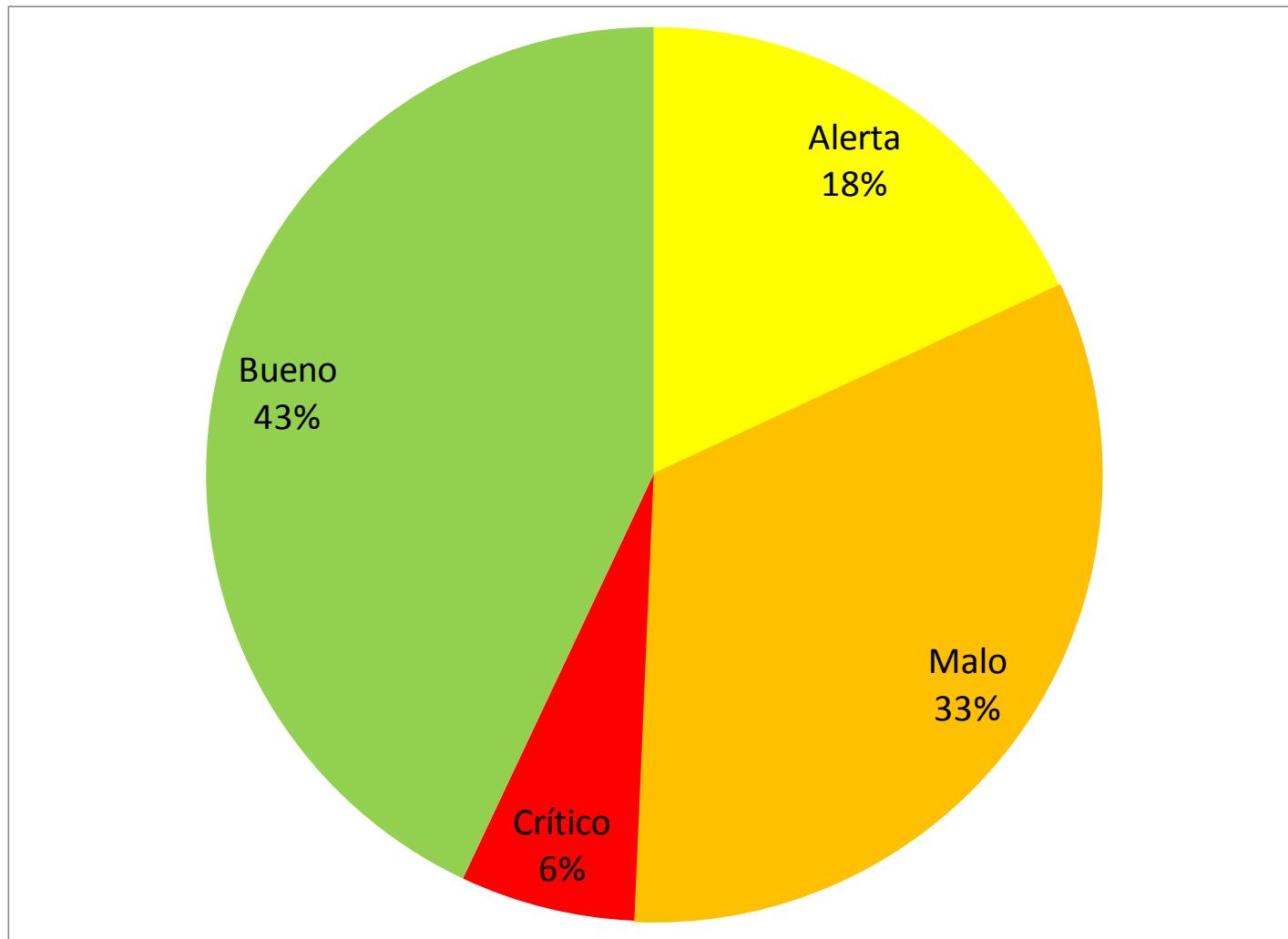


Gráfico no. 2: Representación de Coeficiente Microbiológico de las muestras tomadas para el jugo primario durante la zafra 2010-2011 en referencia a su clasificación

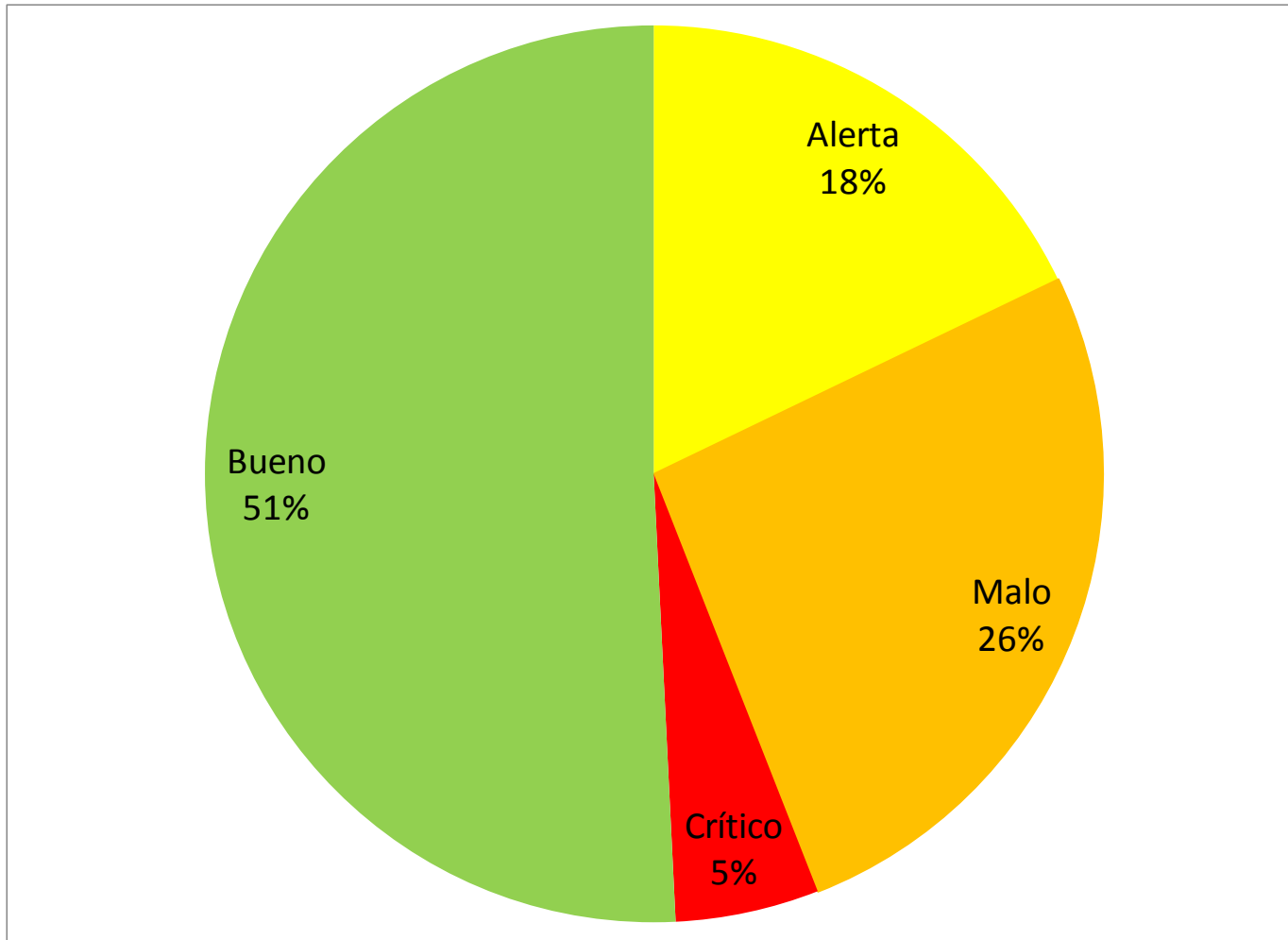


Gráfico no. 3: Representación de Coeficiente Microbiológico de las muestras tomadas para el jugo diluido durante la zafra 2010-2011 en referencia a su clasificación

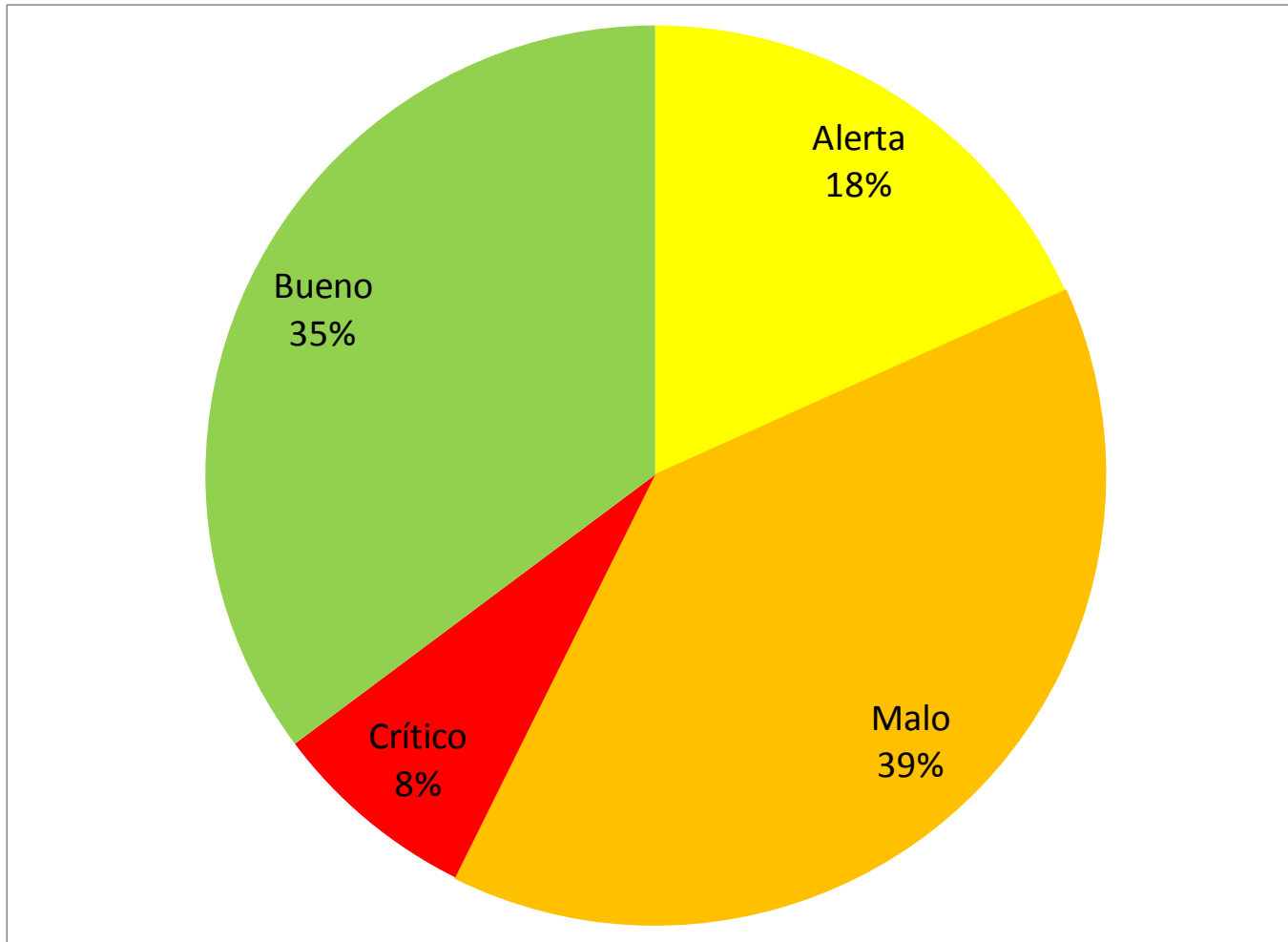


Gráfico no. 4: Representación del incremento del Coeficiente Microbiológico entre jugo primario y diluido durante la zafra 2010-2011 en referencia a su clasificación

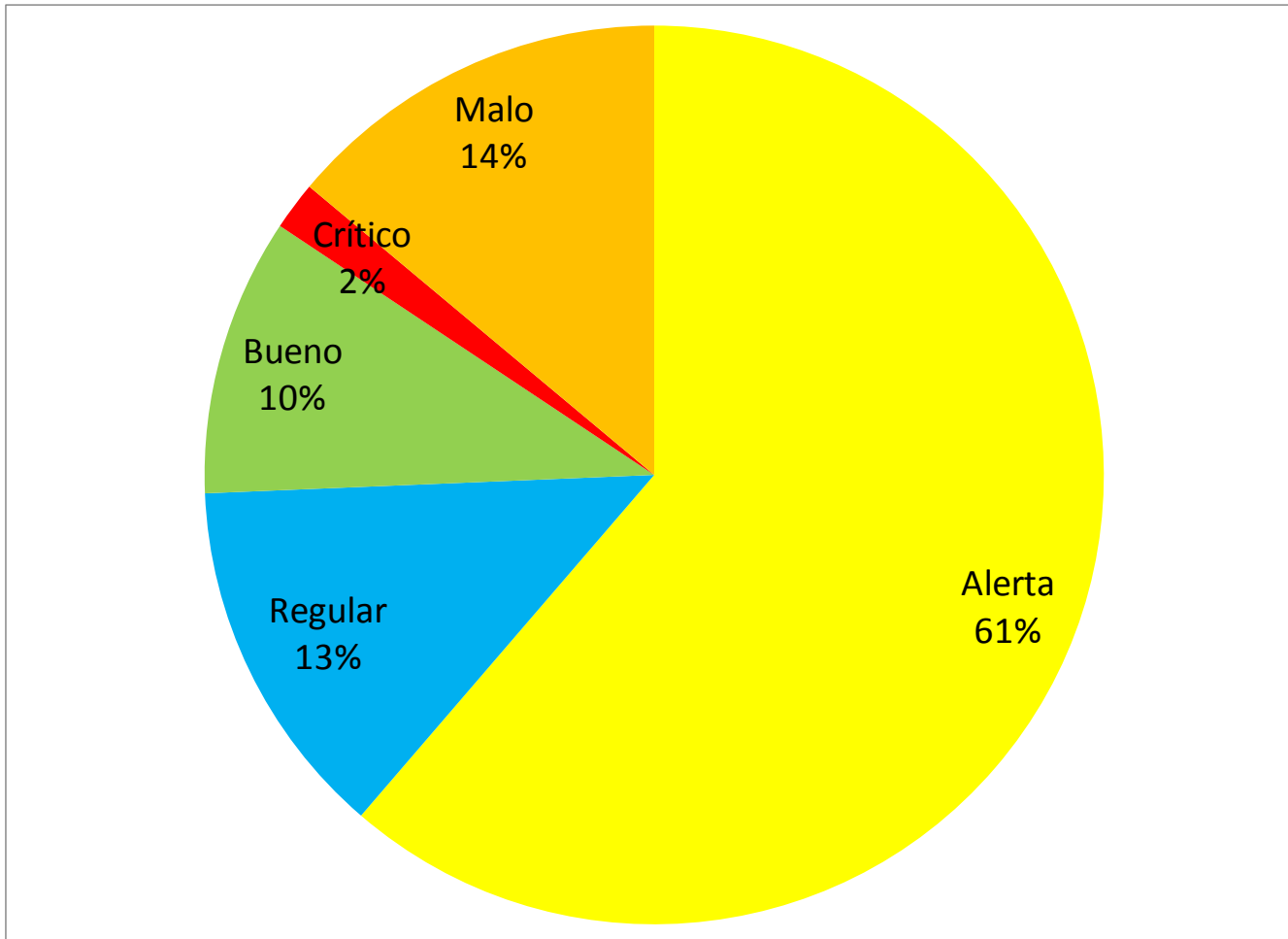


Gráfico no. 5: Representación del incremento del Coeficiente Microbiológico entre jugo primario y diluido del tándem A durante la zafra 2010-2011 en referencia a su clasificación

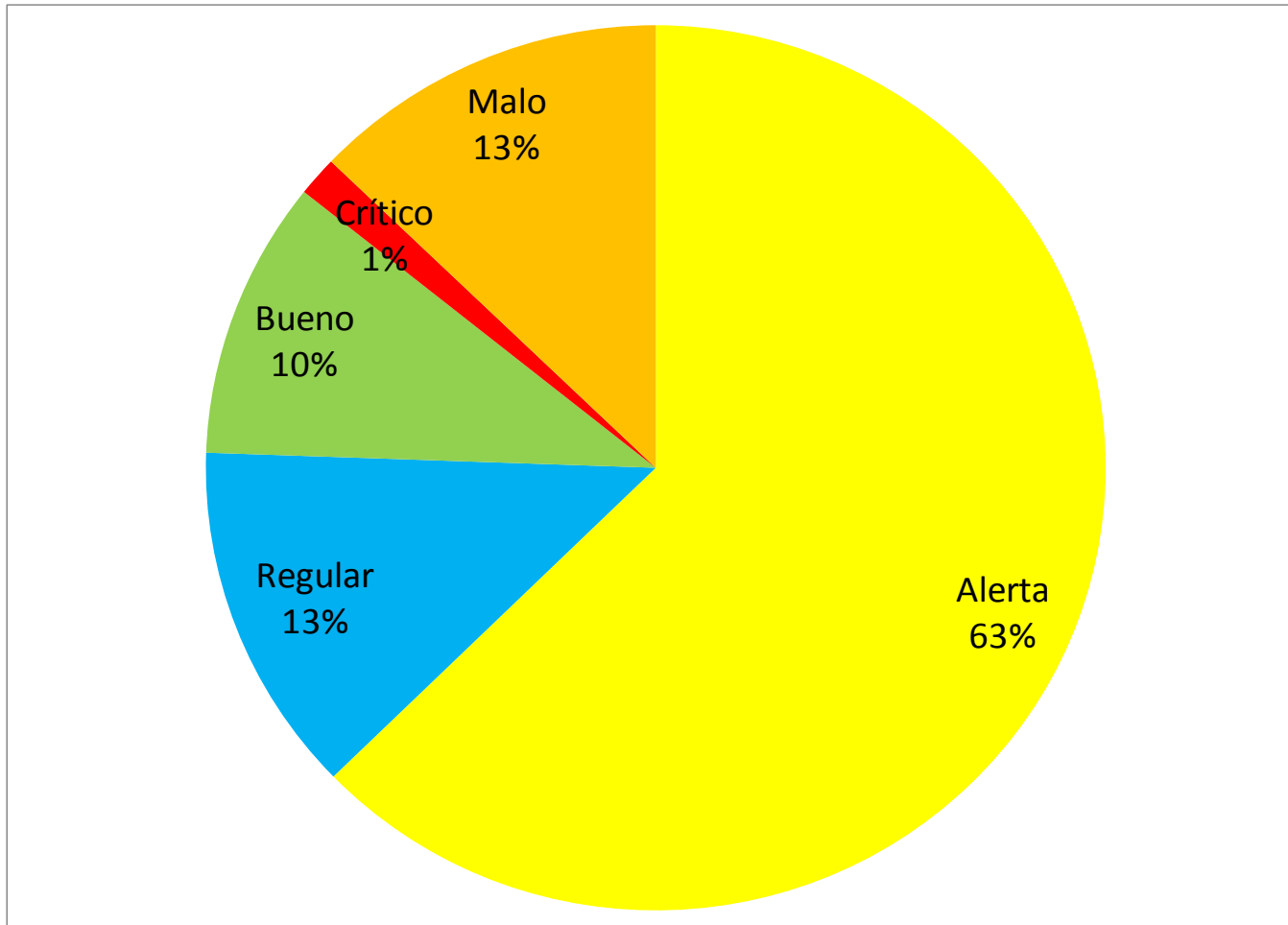


Gráfico no. 6: Representación del incremento del Coeficiente Microbiológico entre jugo primario y diluido del tándem B durante la zafra 2010-2011 en referencia a su clasificación

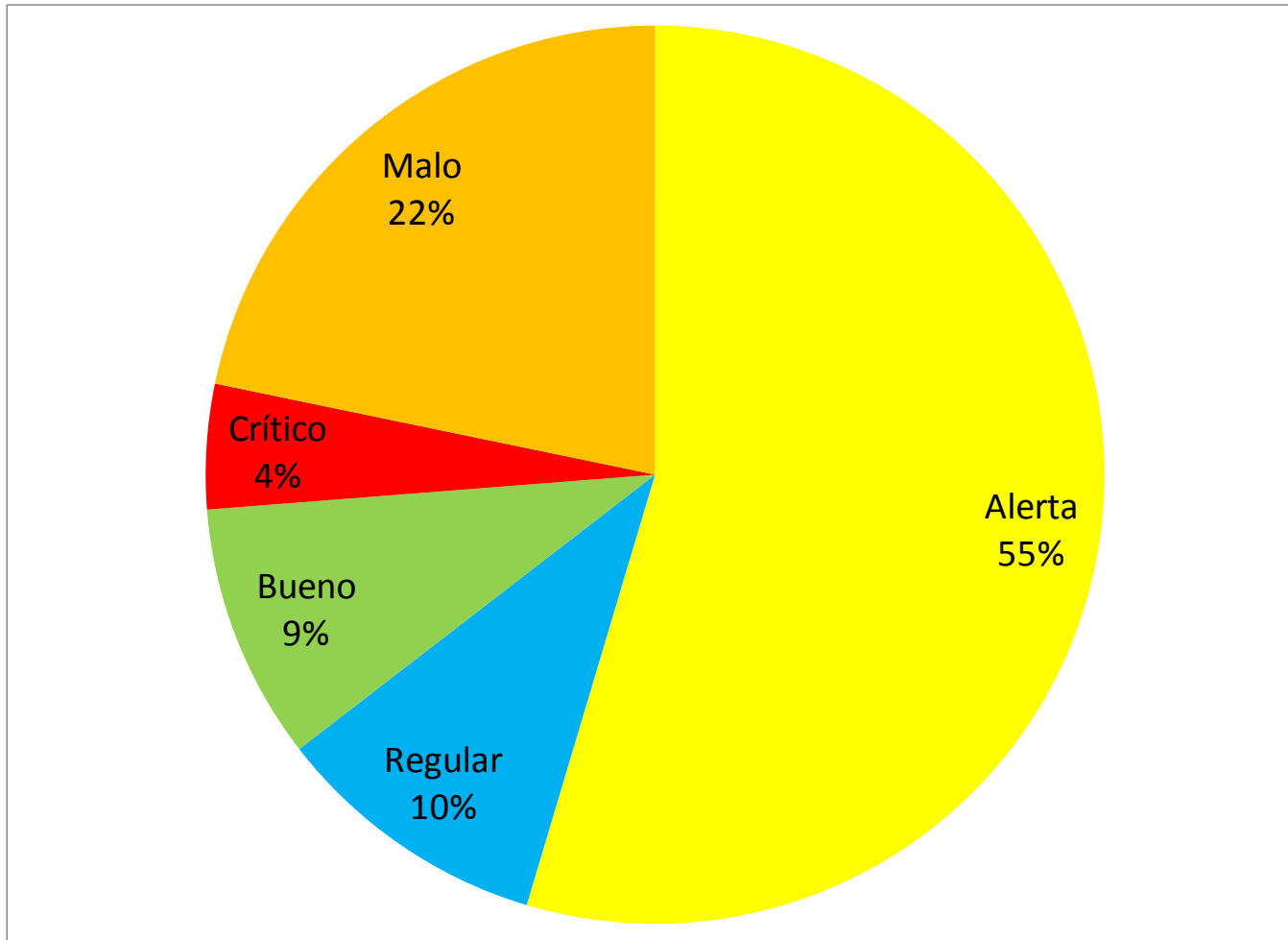


Gráfico no 7: Relación de Coeficiente Microbiológico y su incremento entre el jugo primario y diluido durante las zafras 2010-2011, 2011-2012 y 2012-2013

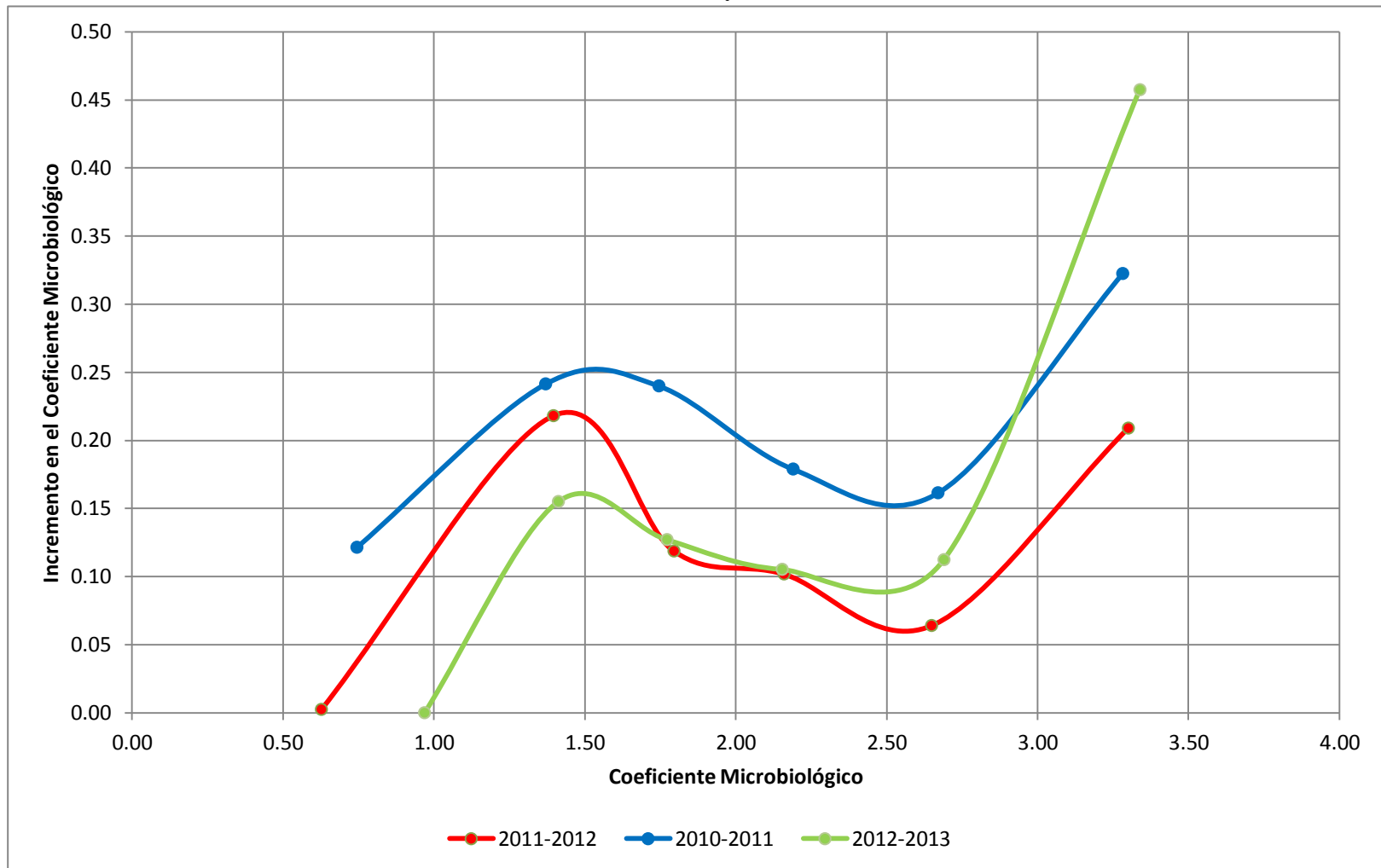


Gráfico no.8: Comparativo 2010-2011, 2011-2012, y 2012-2013 de la clasificación de CM

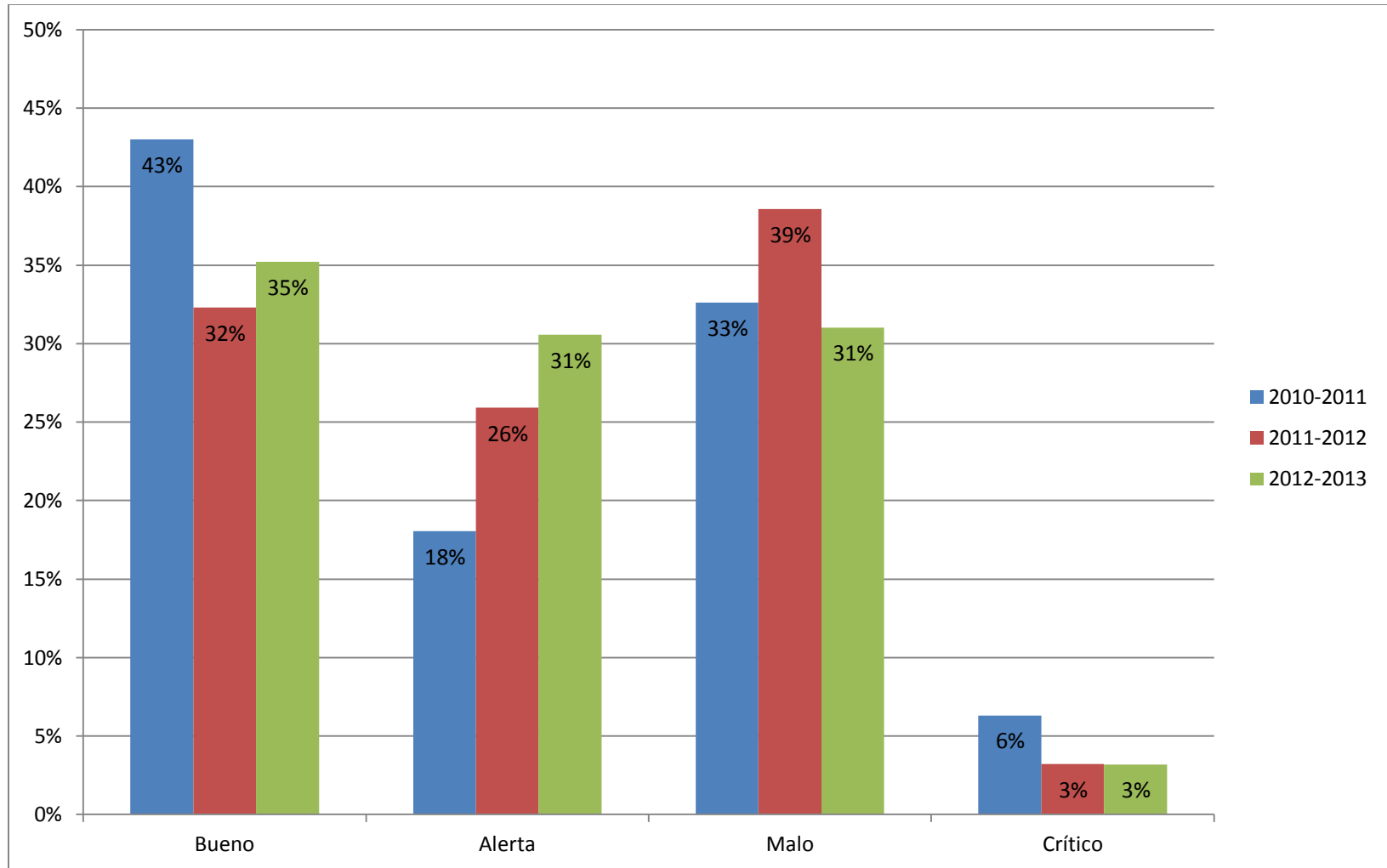


Gráfico no.9: Comparativo 2010-2011, 2011-2012, y 2012-2013 de la clasificación de IC

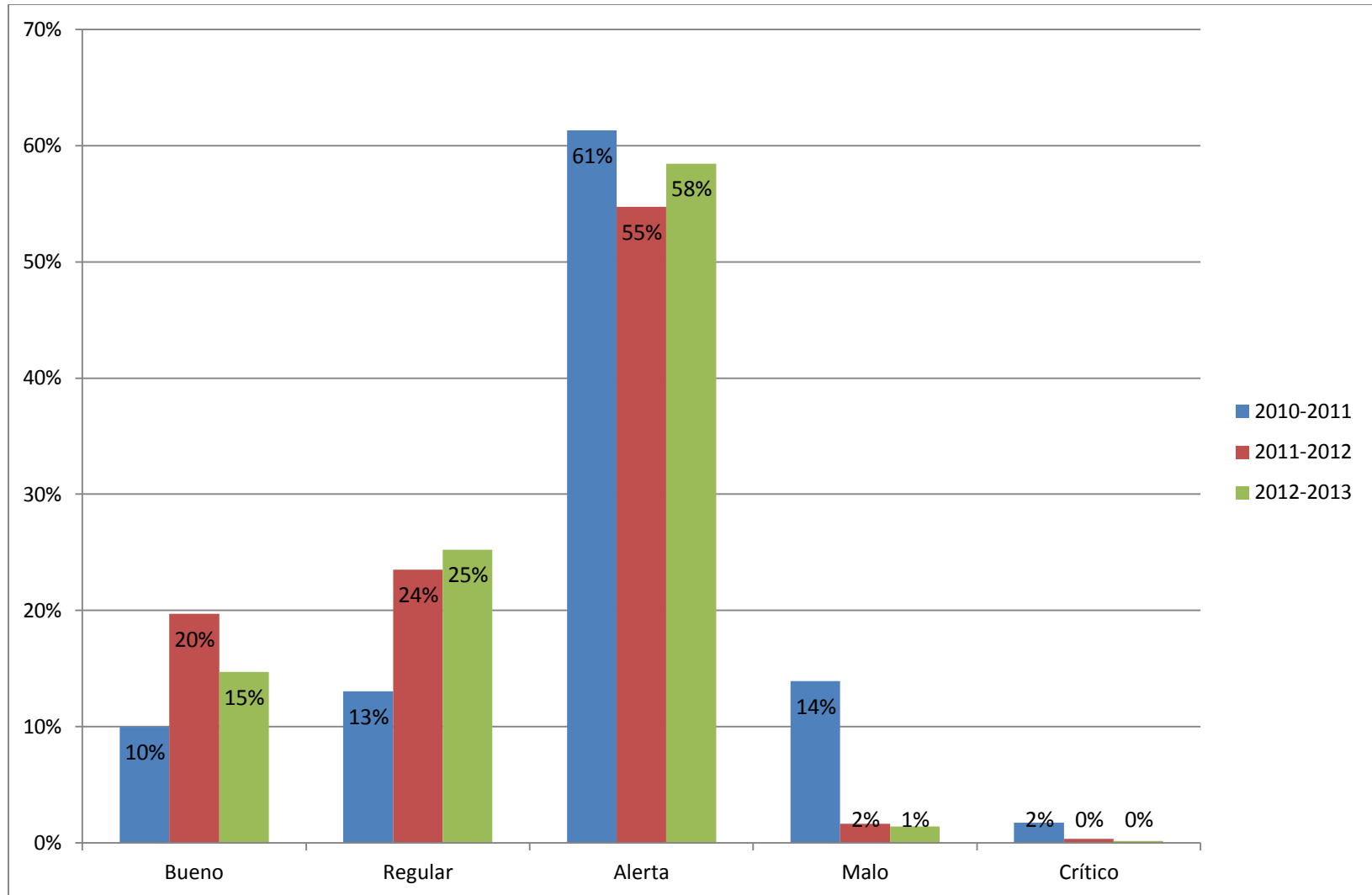


Gráfico no.10: Comparativo 2010-2011, 2011-2012, y 2012-2013 del comportamiento cada tres horas de CM

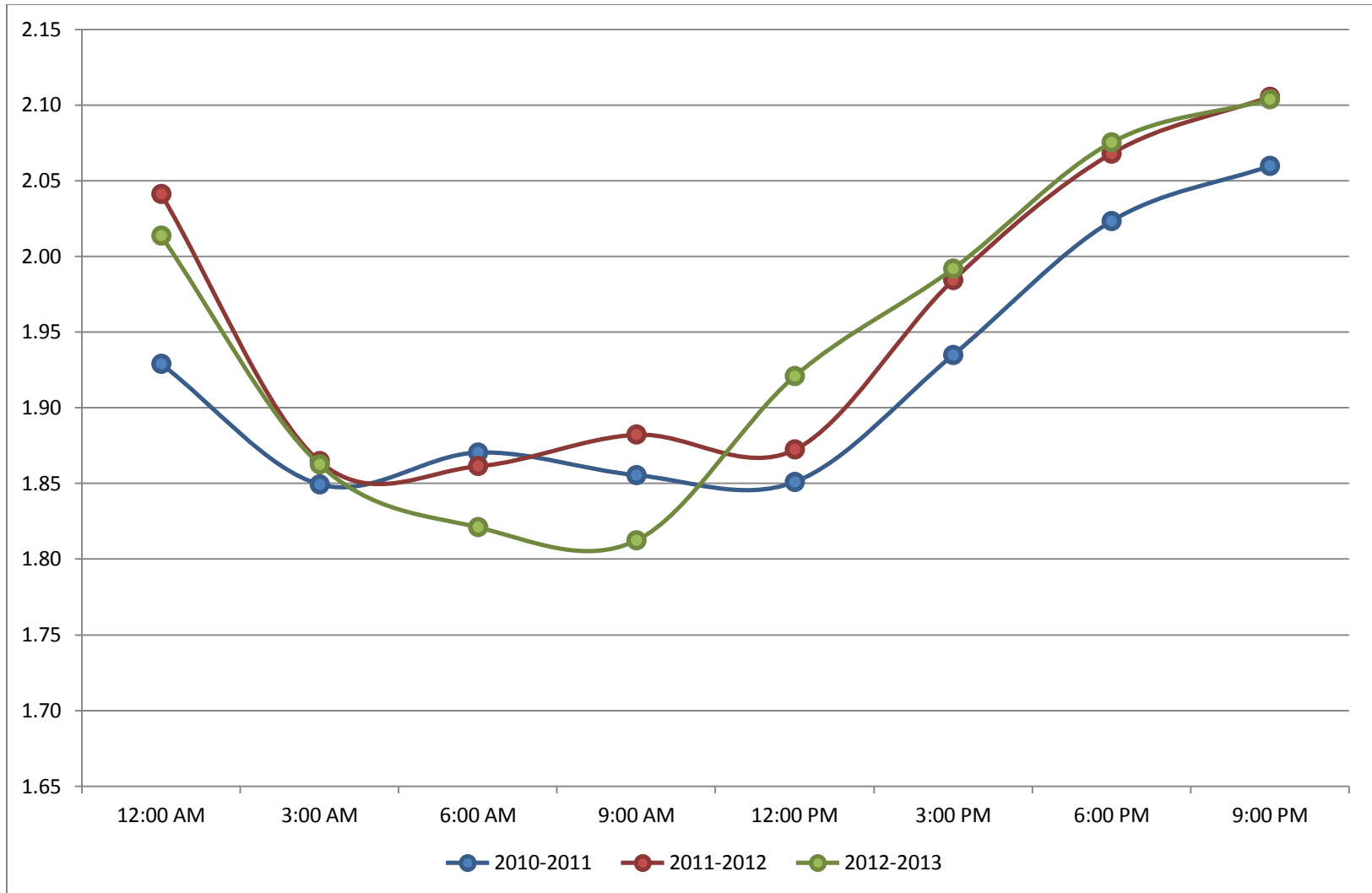


Gráfico no.11: Comparativo 2010-2011, 2011-2012, y 2012-2013 del comportamiento cada tres horas de IC

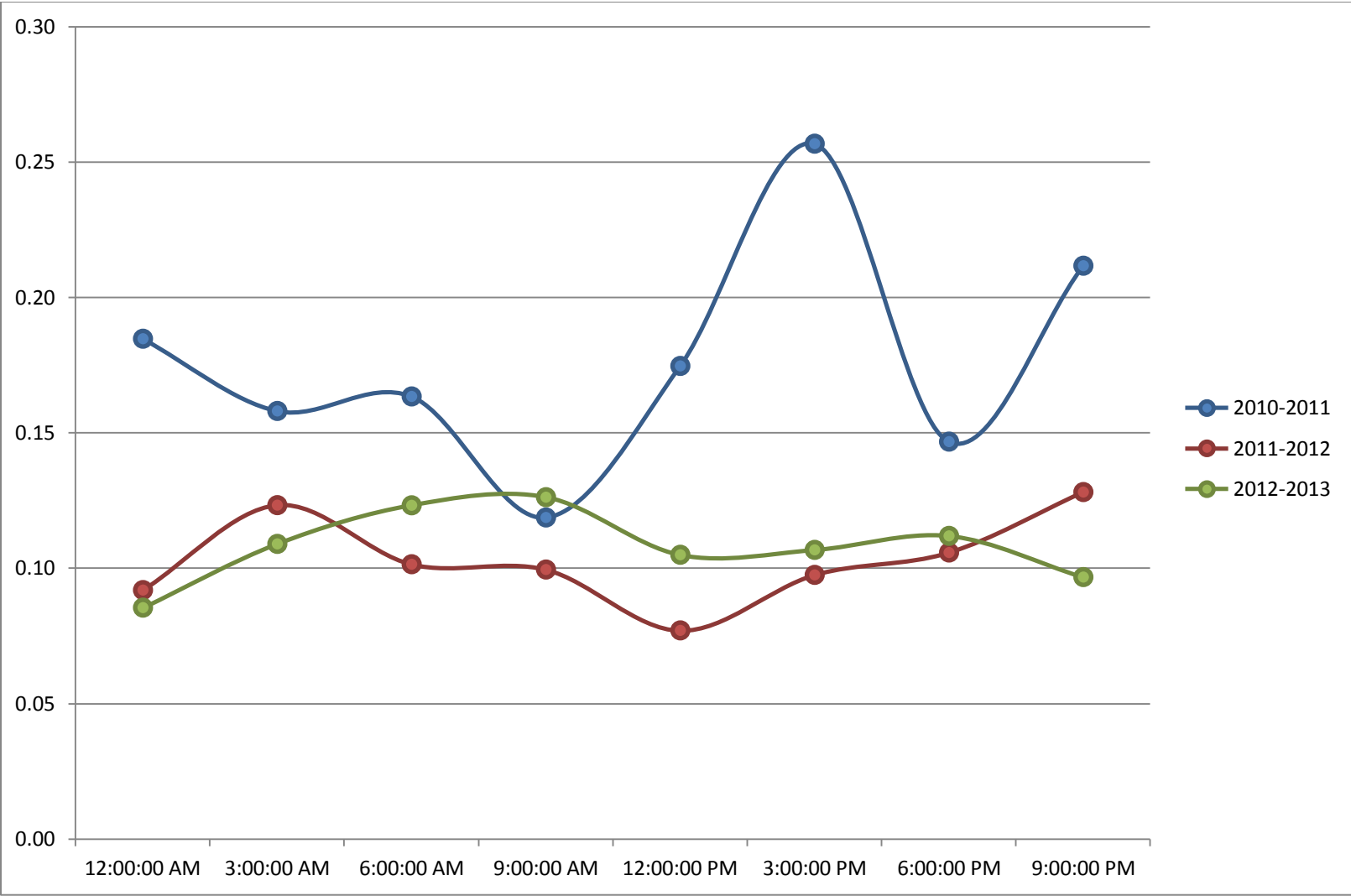
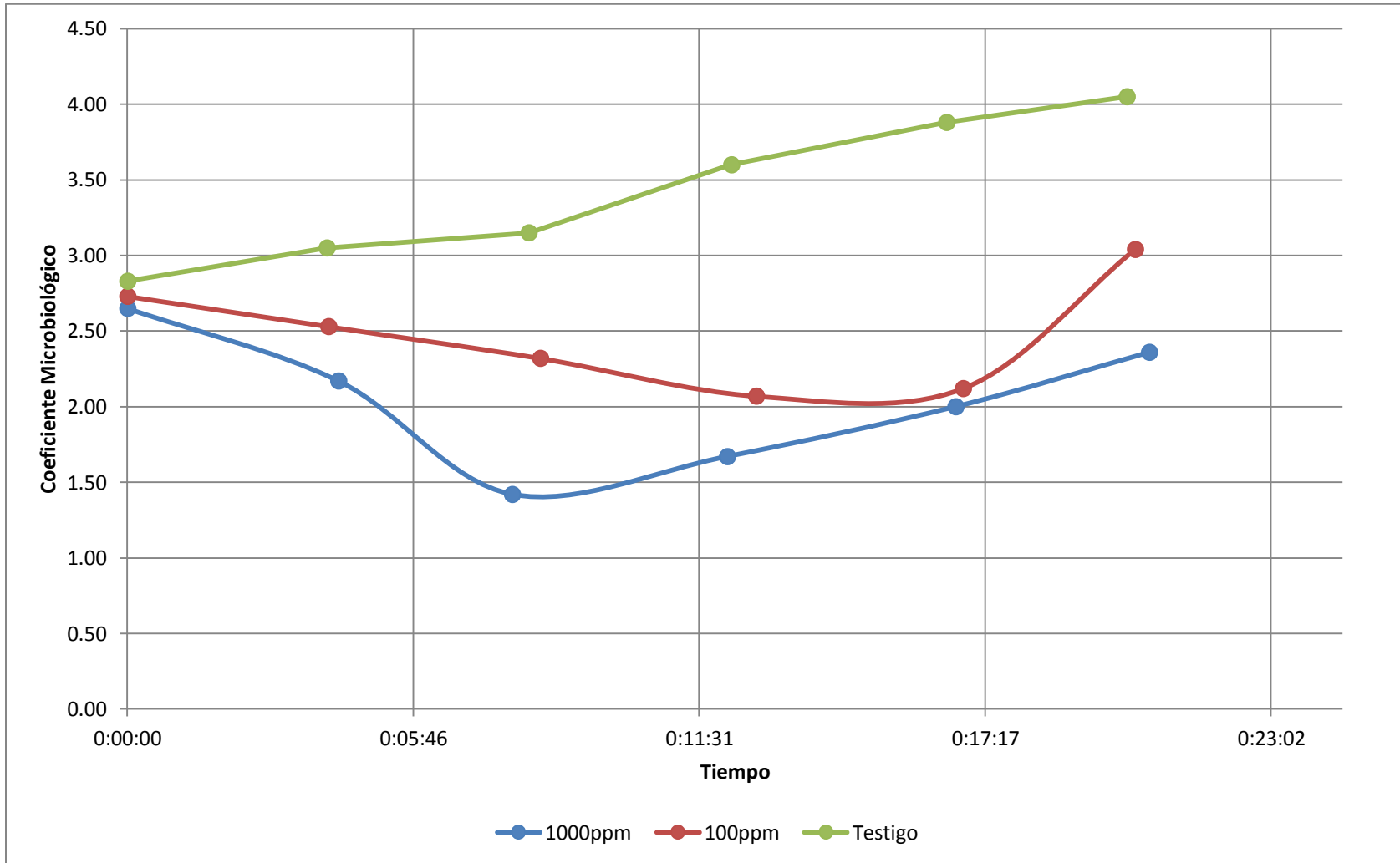


Grafico no. 12: Efectividad del bactericida en términos del coeficiente microbiológico en función del tiempo



VII. DISCUSIÓN

El objetivo principal de esta investigación fue hacer el análisis del control microbiológico de la zafra 2010-2011 y comparar los resultados obtenidos con las investigaciones posteriores a dicha zafra para determinar si los cambios y recomendaciones realizadas han tenido impacto positivo en la eficiencia del proceso de extracción de jugo de caña. Para ello fue necesario hacer el análisis de todas las bases de datos generadas en las zafras 2010-2011, 2011-2012 y 2012-2013 utilizando una herramienta en Microsoft Excel desarrollada a la medida.

El análisis fue dividido en dos segmentos, el primero llamado Coeficiente Microbiológico, el cual nos indica a través de la prueba de resarzurina, la actividad microbiológica que existe en las muestras tomadas y por otro lado el incremento en el Coeficiente Microbiológico, el cual muestra la diferencia entre la actividad microbiológica entre el jugo primario y el jugo diluido, el cual será utilizado como un indicador de la suciedad del tándem en términos microbiológicos.

Utilizando la herramienta de análisis para CM e IC desarrollada exclusivamente para esta investigación en la plataforma de Microsoft Excel, se analizaron las muestras tomadas en el área de extracción de jugo durante las zafras 2010-2011, 2011-2012 y 2012-2013, aproximadamente 6,000, 20,000 y 25,000 muestras fueron analizadas respectivamente en cada zafra. Se hizo un análisis diario durante la duración de la zafra sobre el comportamiento tanto de CM como de IC. Si bien no se observa ninguna tendencia sobre el comportamiento de CM promedio diario, en las gráficas 22, 37 y 55, se pueden establecer límites de control para evitar picos y mantener un CM constante y por lo tanto mejor controlado. En las mismas gráficas también se observa que el comportamiento del IC es cada vez menor y también más estable lo cual nos indica que el control microbiológico en el área de extracción mejoró en cada zafra, pero es importante resaltar que al observar las gráficas 24, 39 y 57 el comportamiento del IC siempre es menos estable en comparación con las gráficas de su homólogo, el tándem A (gráficas 23, 38 y 57), por lo que se recomienda aumentar la frecuencia de limpieza en el tándem, así como aumentar las dosis

de bactericida de ser necesario en el tándem B, así como determinar puntos muertos y puntos donde exista acumulación de bagazo y suciedad con el fin de mejorar el flujo de jugo de caña.

Se hizo un análisis del comportamiento del CM durante el día para lo cual se dividió en ocho rangos iguales, de tres horas cada uno, iniciando desde las 00:00 horas. Se dividió de esta manera para obtener la suficiente cantidad de datos para obtener un promedio significativo y obtener datos de todos los días de la zafra. Se observa en las gráficas 17, 34 y 52 dos tendencias en relación al CM, un aumento de aproximadamente un 10% desde las 12:00 a las 21:00 horas, y a partir de este punto se observa un descenso de un 8% aproximadamente hasta las 03:00 horas, este comportamiento posiblemente es causado debido al clima de la zona (Santa Lucía), en donde las temperaturas oscilan entre los 18°C por la madrugada a los 37°C al atardecer. Es importante mencionar que no solo el clima afecta en este comportamiento, ya que existen diferencias entre el tándem A y el B, siendo este último considerablemente menos afectado, como se observa en las gráficas 20, 21, 35, 36, 53 y 54, por lo que se recomienda hacer mediciones a la temperatura del agua de maceración que se utiliza para cada tándem y mediciones temperatura cada vez que se toma una muestra. Se hizo el mismo análisis para determinar el comportamiento del IC para lo cual se obtuvieron resultados muy constantes durante todo el día, principalmente en las zafras 2011-2012 y 2012-2013, como se observa en las gráficas 19, 20 y 21, 34,35 y 36, 52,53 y 54.

Se utilizaron dos tablas para tabular los datos de CM (ver Tabla no. 1) e IC (ver Tabla no. 2) que se obtuvieron de las investigaciones de los primeros megaproyectos en los que se determinaron cuatro y cinco rangos respectivamente. Durante la zafra 2010-2011 la mayoría de los datos de CM correspondieron al rango de “Buenos” pero el porcentaje de muestras críticas fue muy alto y el de muestras en alerta bajo. Para las siguientes zafras el panorama no fue el esperado ya que a pesar que las muestras críticas disminuyeron y las muestras en alerta aumentaron, el porcentaje de muestras buenas disminuyó y el de muestras malas también aumentó, lo que sucedió fue que el CM tendió más hacia el promedio. Por otro lado se observa en la Gráfica no. 9 que los porcentajes de muestras de IC han mejorado tras cada zafra, manteniéndose en su mayoría en el rango de alerta pero

disminuyendo las muestras que corresponden a malas y críticas y aumentando las que corresponden a buenas y regular, lo cual nos indica que el aumento del coeficiente microbiológico dentro del tándem ocurrió en menor medida.

Se trató de determinar una relación entre CM e IC, específicamente en qué rangos se ve mayormente afectado el IC respecto al CM, para crear planes de acción cuando éste último alcance dichos rangos. Como era de esperarse, al obtener CM's bajos el IC se comportó de igual manera y a medida que el CM aumentaba el IC también lo hizo, esto ocurre para CM's que oscilan entre 0.5 a 1.5 como se observa en la gráfica no. 7, pero al continuar graficando el comportamiento de las variables se observa que con CM's entre 1.5 y 2.5 lo que ocurre es una disminución del IC lo cual no pareciera lógico por lo que una posible explicación es el comportamiento natural de los microorganismos, posiblemente a partir de éste punto la colonia de microorganismos se satura y el IC deja de incrementar. En la gráfica también se observa un aumento exponencial del IC a partir de un CM mayor a 2.5, por lo que se es importante tratar de no llegar a este rango porque el IC se vuelve muy difícil de mantener bajo control.

Se hicieron también las pruebas iniciales para determinar el tiempo de acción del bactericida a diferentes concentraciones, para ello se utilizó el bactericida Labs SMB que en su momento era el de mayor uso con dos concentraciones 100ppm y 1,000ppm. Se diseñó un simulador del tándem (ver Figura 4) utilizando cubetas de 5Gal y válvulas de apertura variable para obtener un flujo suficiente y constante, en las primeras pruebas hubo problemas con el bagazo del jugo por lo que se agregaron filtros al sistema. Se observa en la Gráfica no. 10 que el bactericida empieza a hacer efecto de forma inmediata, también se observa que aproximadamente a los 5 minutos el efecto del bactericida es aún mayor, con una concentración de 1,000ppm logra disminuir el valor de CM en más de una unidad, mientras que con una concentración de 100ppm, el bactericida no es tan efectivo, disminuye el CM en forma gradual 0.75 unidades hasta los 15 minutos, cuando empieza a aumentar nuevamente, por lo cual se deduce que el bactericida a 1,000ppm es más efectivo.

Es importante mencionar que todo el análisis de los resultados del Coeficiente Microbiológico y del Incremento en el mismo se hizo gracias al desarrollo especializado de una herramienta en Microsoft Excel. Este desarrollo se hizo debido a que la cantidad de datos recopilados en cada zafra fue alta. Se obtuvieron comportamientos diarios y cada 3 horas durante el día de CM e IC promedio, para lo cual se pueden filtrar los días, el tándem o el tipo de jugo que se desee analizar. También se hizo una clasificación de muestras para CM e IC promedio, se ingresaron los datos de las tablas y se identificó para cada muestra a que rango pertenecía, de igual forma el análisis puede filtrarse por tándem, tipo de jugo y en los días que se prefiera. Cabe mencionar que se utilizaron macros para que la operación de la herramienta fuera lo más sencilla y amigable posible para el ingreso de datos y el análisis de los mismos.

Como en cualquier proceso de producción, los problemas se deben solucionar de raíz, por lo tanto es importante resaltar que las medidas para obtener un Coeficiente Microbiológico bajo se deben implementar antes de que la caña ingrese al área de extracción ya que la única manera de disminuirlo en este proceso es agregando grandes cantidades de bactericida lo cual provoca un aumento en el costo de producción y un deterioro en la calidad del producto. Es el incremento en el Coeficiente Microbiológico el que debe mantenerse controlado durante la extracción del jugo, así como en los procesos anteriores y posteriores al mismo, a medida que dicho indicador se logre controlar automáticamente, el CM será menor en cada proceso y afectará de en menor medida la efectividad del ingenio.

VIII. CONCLUSIONES

1. En referencia a su clasificación el jugo primario mostró un mejor Coeficiente Microbiológico que el jugo diluido en todos los rangos en todas las zafras debido a que el jugo primario no se recircula por el tándem y no se le agrega agua de maceración.
2. Los resultados del Coeficiente Microbiológico e incremento de CM fueron mejor en todos los casos para el tándem A que para el tándem B.
3. En su mayoría la representación de IC promedio entre jugo primario y diluido se encuentra entre 0.1 a 0.5, lo cual es un estado de alerta en el que se debe tomar una medida preventiva.
4. El comportamiento del Coeficiente Microbiológico durante el día disminuye significativamente en los horarios desde 21:00 a las 03:00 horas, se mantiene estable de las 03:00 a las 12:00 horas y aumenta desde 12:00 a las 21:00 horas en todas las zafras.
5. El comportamiento del IC en las zafras 2011-2012 y 2012-2013 durante un día ha sido más estable y menor respecto a la zafra 2010-2011, lo cual demuestra una mejora en los controles de actividad microbiológica en el tandem.
6. Los porcentajes de CM críticos en términos de su clasificación han disminuido en referencia a la zafra 2010-2011, lo cual demuestra una mejora en el control de la actividad microbiológica en el tándem.
7. Los porcentajes de IC malos y críticos han disminuido en términos de su clasificación en referencia a la zafra 2010-2011 debido principalmente a las medidas de limpieza y aplicación de bactericida.

8. La concentración de bactericida para contrarrestar la actividad microbiológica es más efectiva a 1000ppm.

IX. RECOMENDACIONES

1. Hacer un estudio que involucre la temperatura del tándem y la temperatura ambiente para conocer cómo afecta la actividad microbiológica en el jugo primario y diluido y en las muestras de caña que se toman en el laboratorio.
2. Hacer un estudio que involucre el comportamiento de la actividad microbiológica en relación a la proporción de las variedades de caña que circulan en el tándem.
3. Revisar los rangos de clasificación para CM e IC y establecer nuevos que se ajusten de mejor forma al estudio tomando en cuenta los datos recopilados en las investigaciones anteriores.
4. Establecer un rango de operación en la herramienta de análisis con límites máximo y mínimos de CM e IC cada 3 horas para toma de decisiones en distintos escenarios.
5. Agregar alertas de acción a la herramienta de análisis basado en el comportamiento del CM e IC de las muestras tomadas.
6. Hacer un manual y capacitaciones constantes para la correcta limpieza del tándem y la aplicación del bactericida para contrarrestar el aumento de CM basado en las alertas de la herramienta analítica.

X. BIBLIOGRAFÍA

1. Álvarez Schumann, Carlos Fernando. García Zamora, Romel Alaric. Graná Torrebiarte, Valeria. Guzmán Krings, Claudia María. Lemus Álvarez, Mariana Isabel. Lou Sánchez, María José; Rosales Carabantes, Andrea. Wyss Porras, María Alejandra. Valle Solares, Juan Pablo. 2008. *Establecimiento de un sistema de control microbiológico para la industria azucarero*. Megaproyecto Universidad del Valle de Guatemala. Guatemala.
2. Broadfoot, R. 2001. *Aspects of sucrose losses: impact on profitability, competitiveness and the environment*. En: Congress of the International Society of Sugar Cane Technologists, 24, Brisbane, Australia. Proceedings. Mackay, ASSCT, 2001. v.1, p.339-340.
3. Flores, S. 1976. *Manual de caña de azúcar. Guatemala: Unidad de Reproducciones del INTECAP*.
4. Honig P. 1969. *Principios de Tecnología Azucarera*. Tomo I: Propiedades de los Azúcares y no Azúcares. Pags. 21 - 41. Tomo III: Parte 3: Microbiología Azucarera. p. 315 - 454. Compañía Editorial Continental S.A. México, España y Argentina.
5. Larrahondo, Jesús E. 1995. *Calidad de la Caña de azúcar*. Colombia. Programa de Fabrica de CENICAÑA
6. Mirón, D. (1998). *Conozca la Industria Azucarera en Guatemala*. Artemis Edinter.
7. Porta Arqued, 1955. Antonio. *Fabricación del Azúcar*. 1ra edición. Salvat Editores. España. Pp. 411-413 y pp. 431-496.

8. Ravnö A.B. 2001. *Microbial degradation in sugar cane diffusers*. Congress of the International Society of Sugar Cane Technologists, 24, Brisbane, Australia. Proceedings. Mackay, ASSCT, V.1, p.384-385.
9. Vander poel P.W., Schiweck H., Schwartz T. 1998. *Sugar technology: Beet and Cane Sugar Manufacture*. p. 993 – 1007.

XI. ANEXOS

Cálculo de volumen de las cubetas del sistema:

Ecuación no. 4

$$V = \pi * r^2 * h$$

Donde r es el radio y h la altura de la cubeta.

$$V = \pi r^2 h = \pi \cdot \left(\frac{0.28}{2}\right)^2 \cdot 0.23 \cong 0.01416 \text{ m}^3 \left(\frac{1000L}{1 \text{ m}^3}\right) = 14.1623L$$

Según las pruebas realizadas en laboratorio, la concentración mínima a la que aún es efectivo el bactericida es de 100ppm, por lo que esta fue la concentración más pequeña que se utilizó, de igual forma hizo una prueba con una concentración de 1000ppm.

Tabla no. 5: Coeficiente Microbiológico testigo en el simulador del tándem

Tiempo	Punto de toma de Muestra	Coeficiente Microbiológico
00:00:00	4	2.65
00:04:14	5	2.17
00:07:45	5	1.42
00:12:05	5	1.67
00:16:41	5	2.00
00:20:35	5	2.36

Tabla no. 6: Coeficiente Microbiológico de para medir la efectividad del bactericida a una concentración de 1000ppm en el simulador del tándem

Tiempo	Punto de toma de Muestra	Coeficiente Microbiológico
00:00:00	4	2.65
00:04:14	5	2.17
00:07:45	5	1.42
00:12:05	5	1.67
00:16:41	5	2.00
00:20:35	5	2.36

Tabla no. 7: Coeficiente Microbiológico de para medir la efectividad del bactericida a una concentración de 100ppm en el simulador del tándem

Tiempo	Punto de toma de Muestra	Coeficiente Microbiológico
00:00:00	4	2.73
00:04:03	5	2.53
00:08:19	5	2.32
00:12:40	5	2.07
00:16:50	5	2.12
00:20:18	5	3.04

Gráfico no. 13: Representación de Coeficiente Microbiológico de las muestras tomadas para el tándem A durante la zafra 2010-2011 en referencia a su clasificación

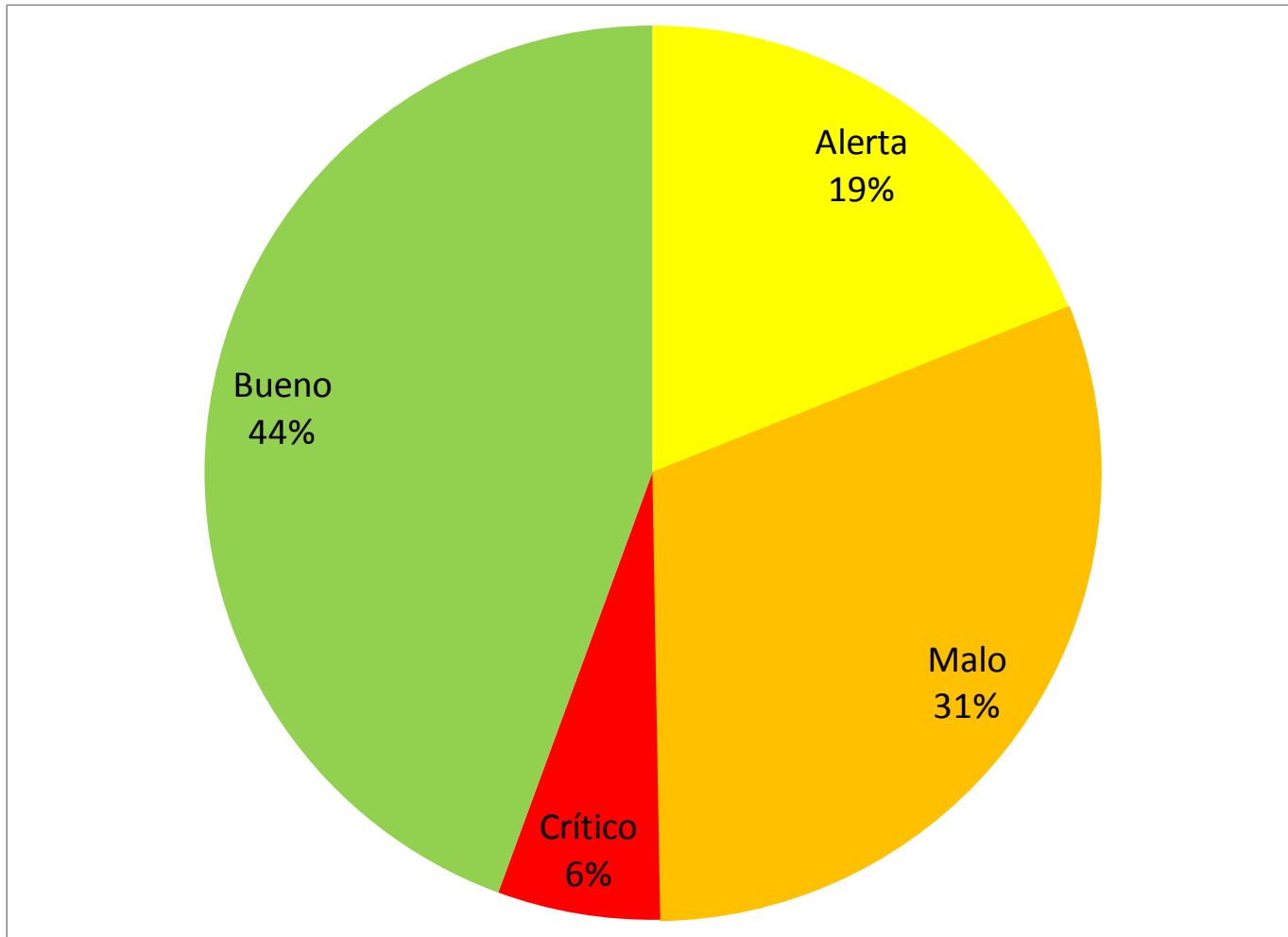


Gráfico no. 14: Representación de Coeficiente Microbiológico de las muestras tomadas para el tándem B durante la zafra 2010-2011 en referencia a su clasificación

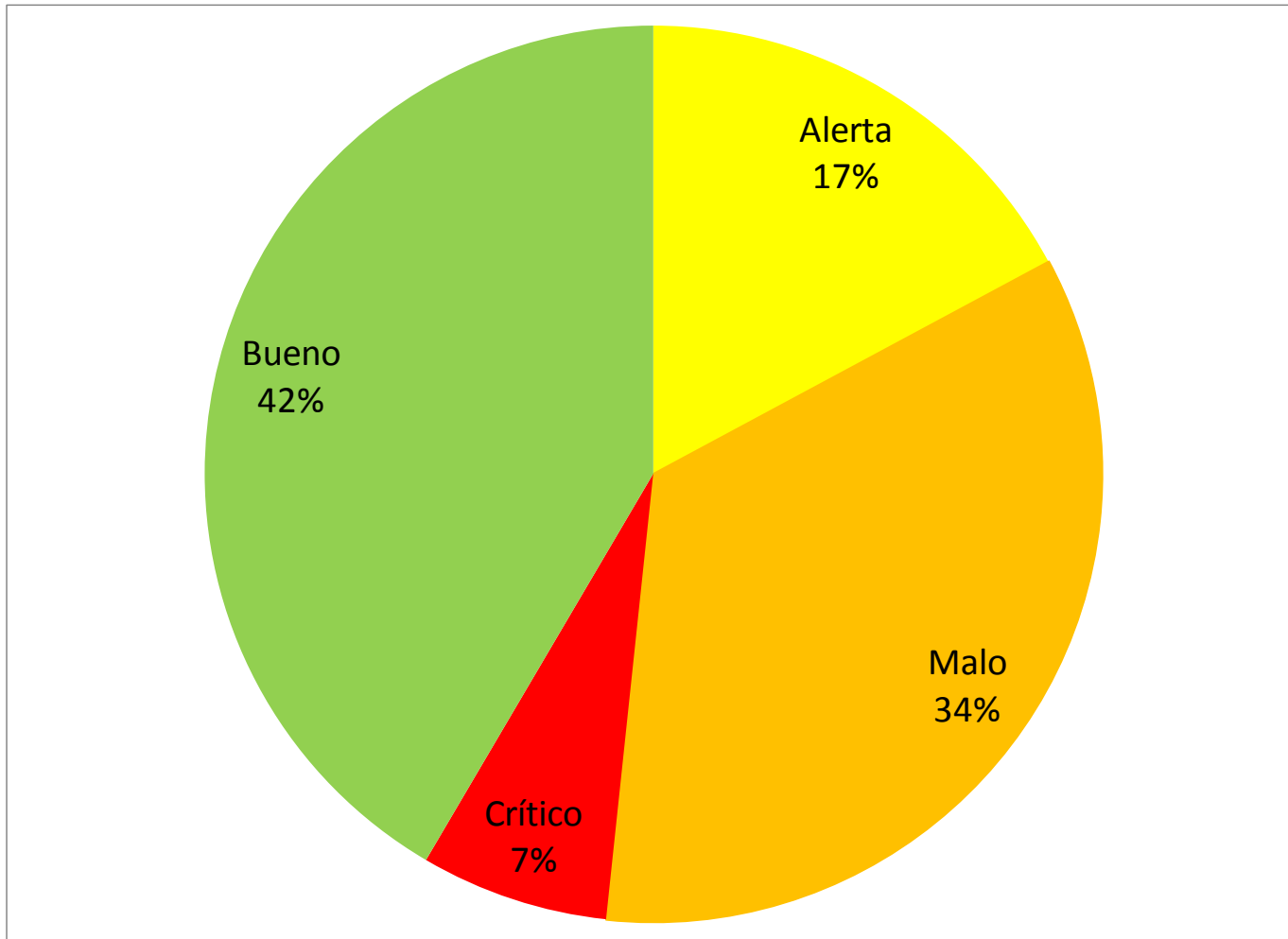


Gráfico no. 15: Representación de Coeficiente Microbiológico de las muestras tomadas para el jugo primario del tándem A durante la zafra 2010-2011 en referencia a su clasificación

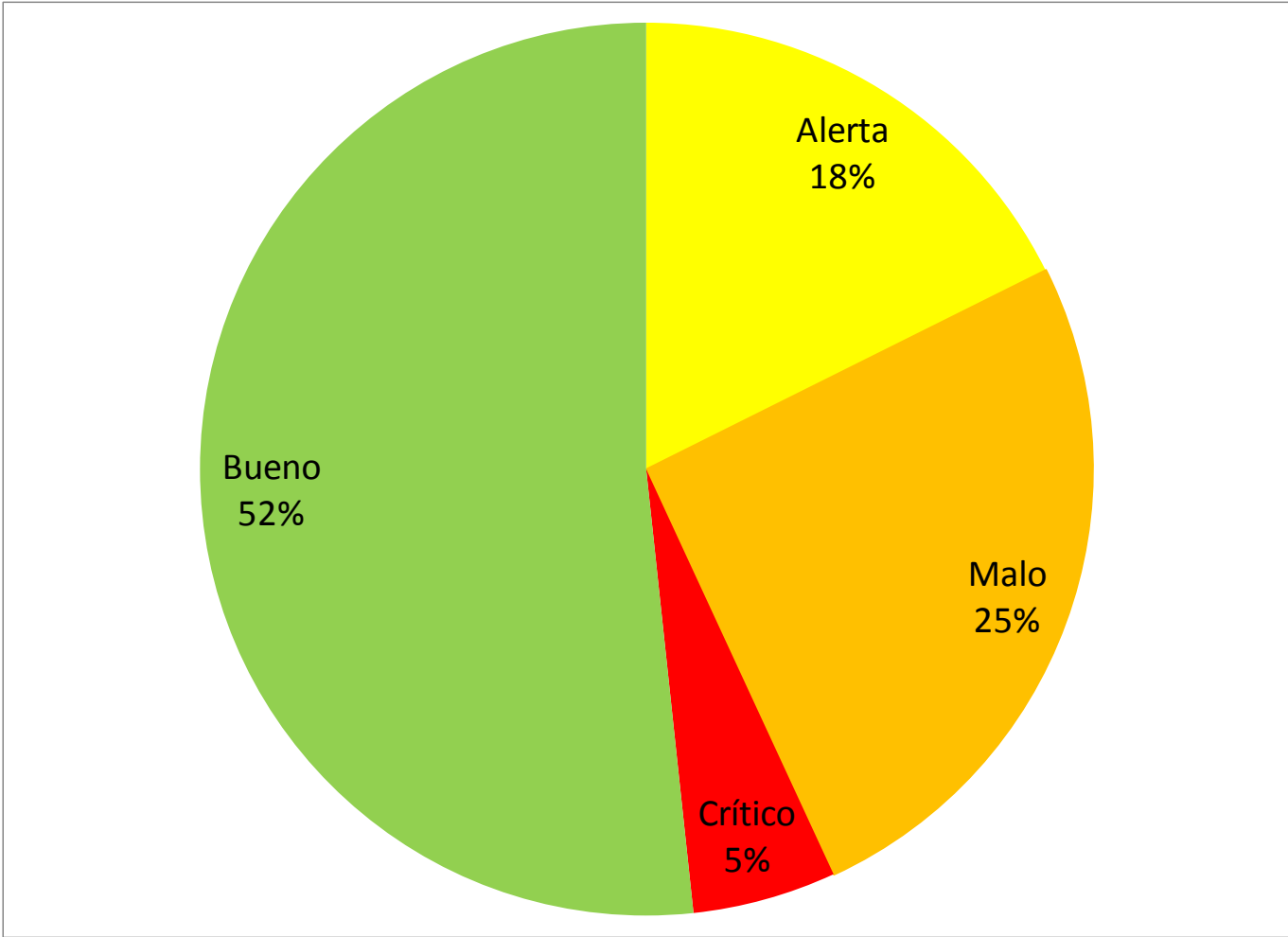


Gráfico no. 16: Representación de Coeficiente Microbiológico de las muestras tomadas para el jugo primario del tándem B durante la zafra 2010-2011 en referencia a su clasificación

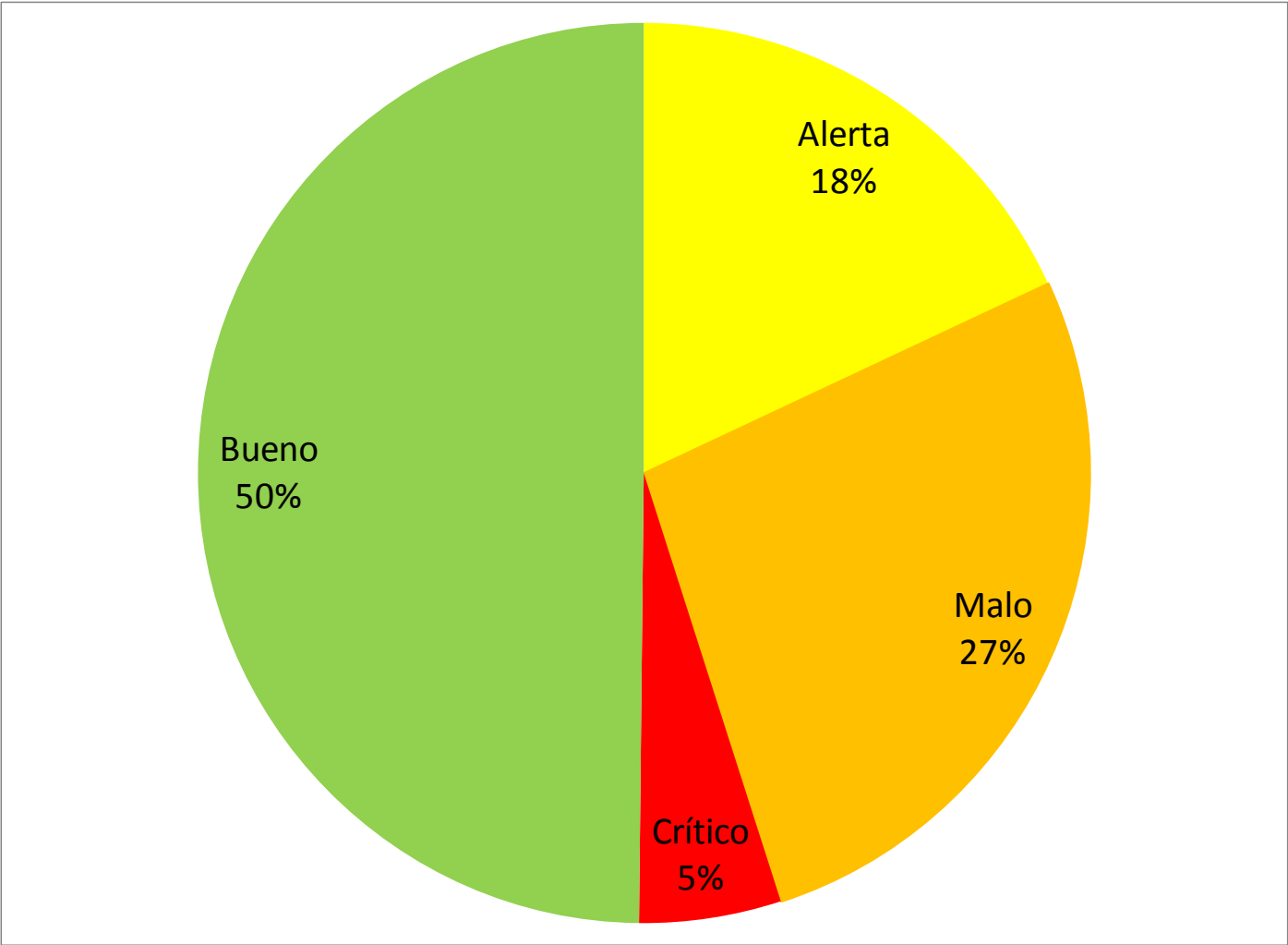


Gráfico no. 17: Representación de Coeficiente Microbiológico de las muestras tomadas para el jugo diluido del tándem A durante la zafra 2010-2011 en referencia a su clasificación

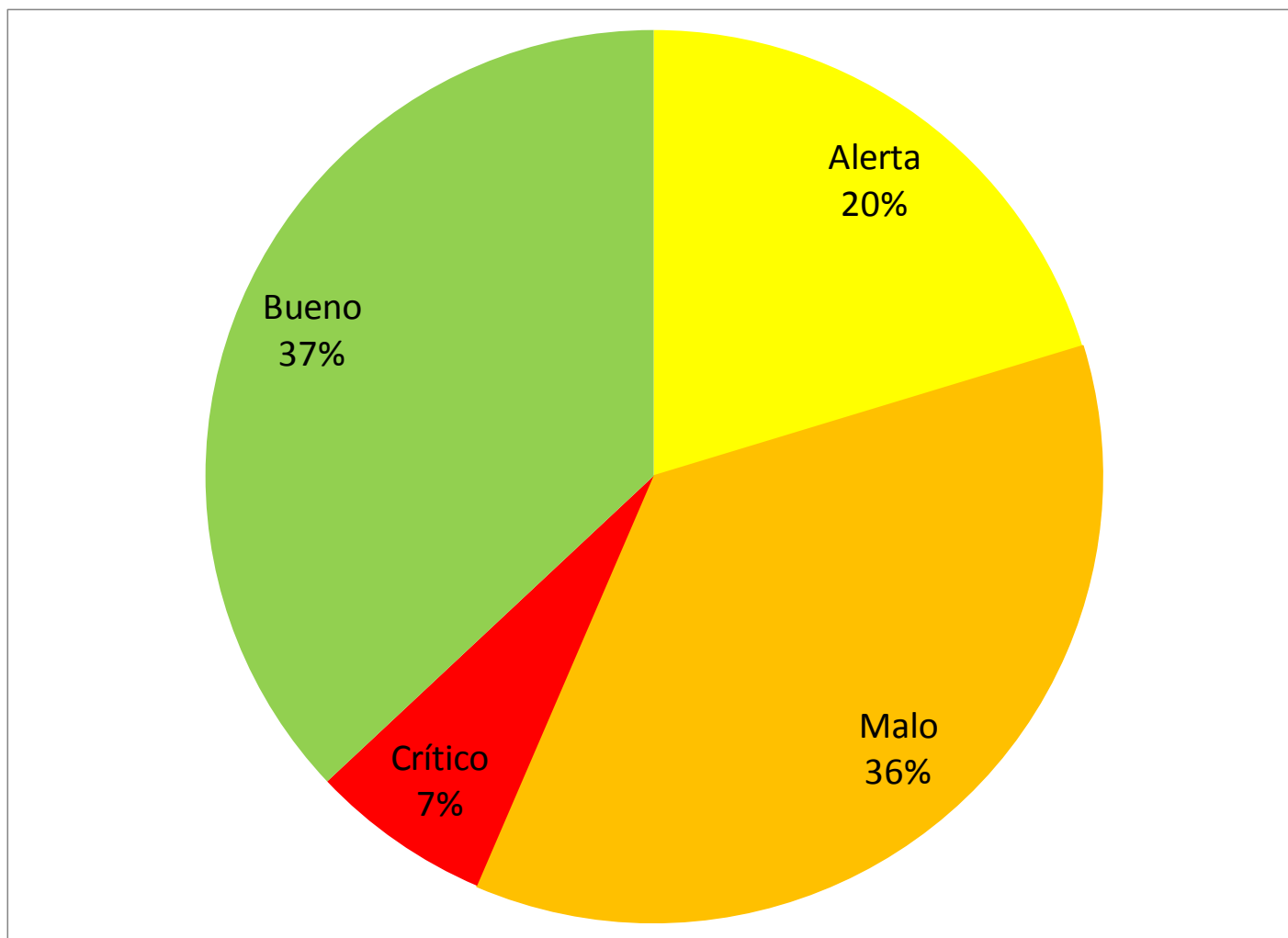


Gráfico no. 18: Representación del Coeficiente Microbiológico de las muestras tomadas para el jugo diluido del tándem B durante la zafra 2010-2011 en referencia a su clasificación

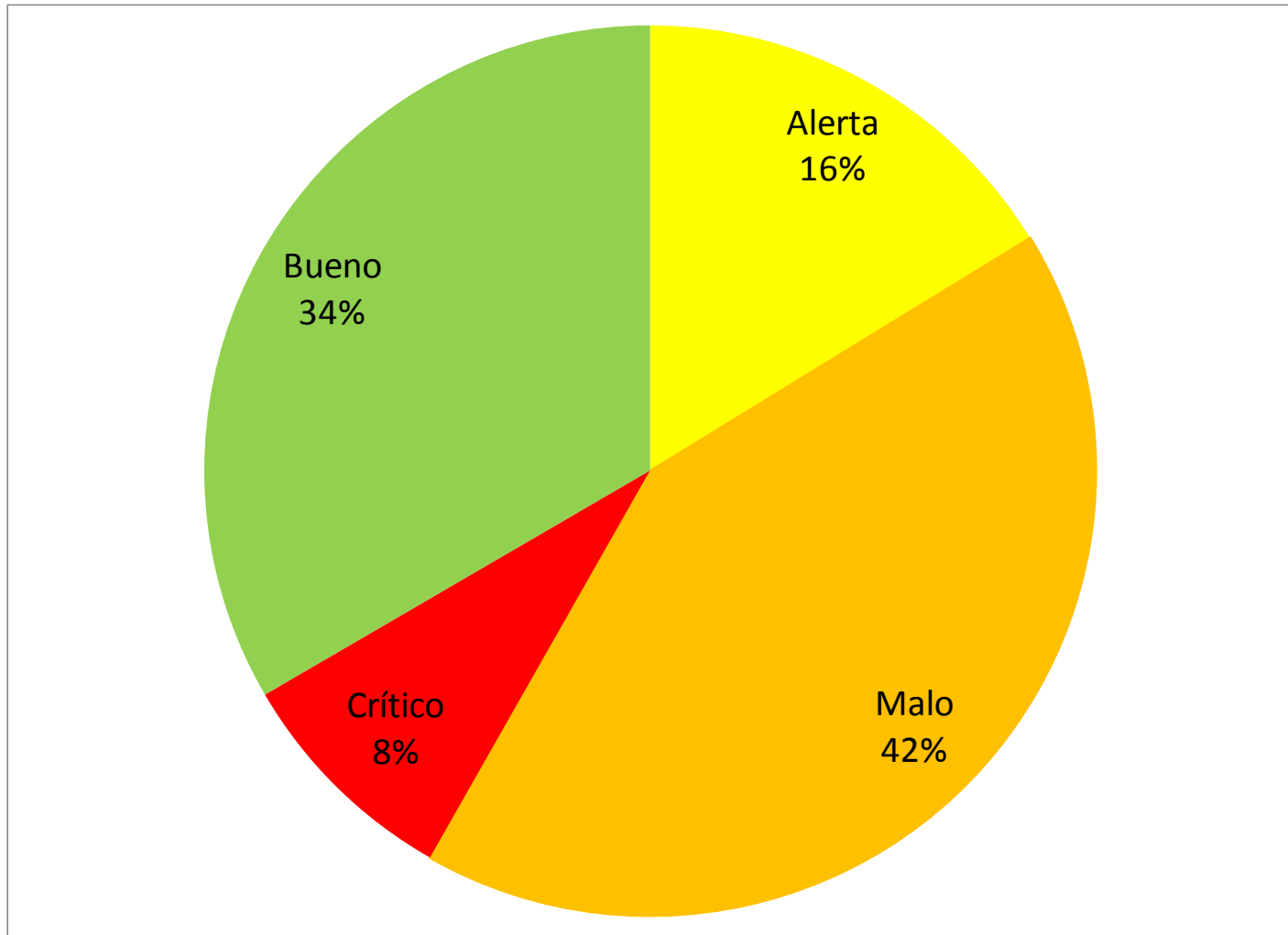


Gráfico no. 19: Coeficiente Microbiológico promedio e incremento del Coeficiente Microbiológico cada tres horas para las muestras de jugo primario y diluido de la zafra 2010-2011

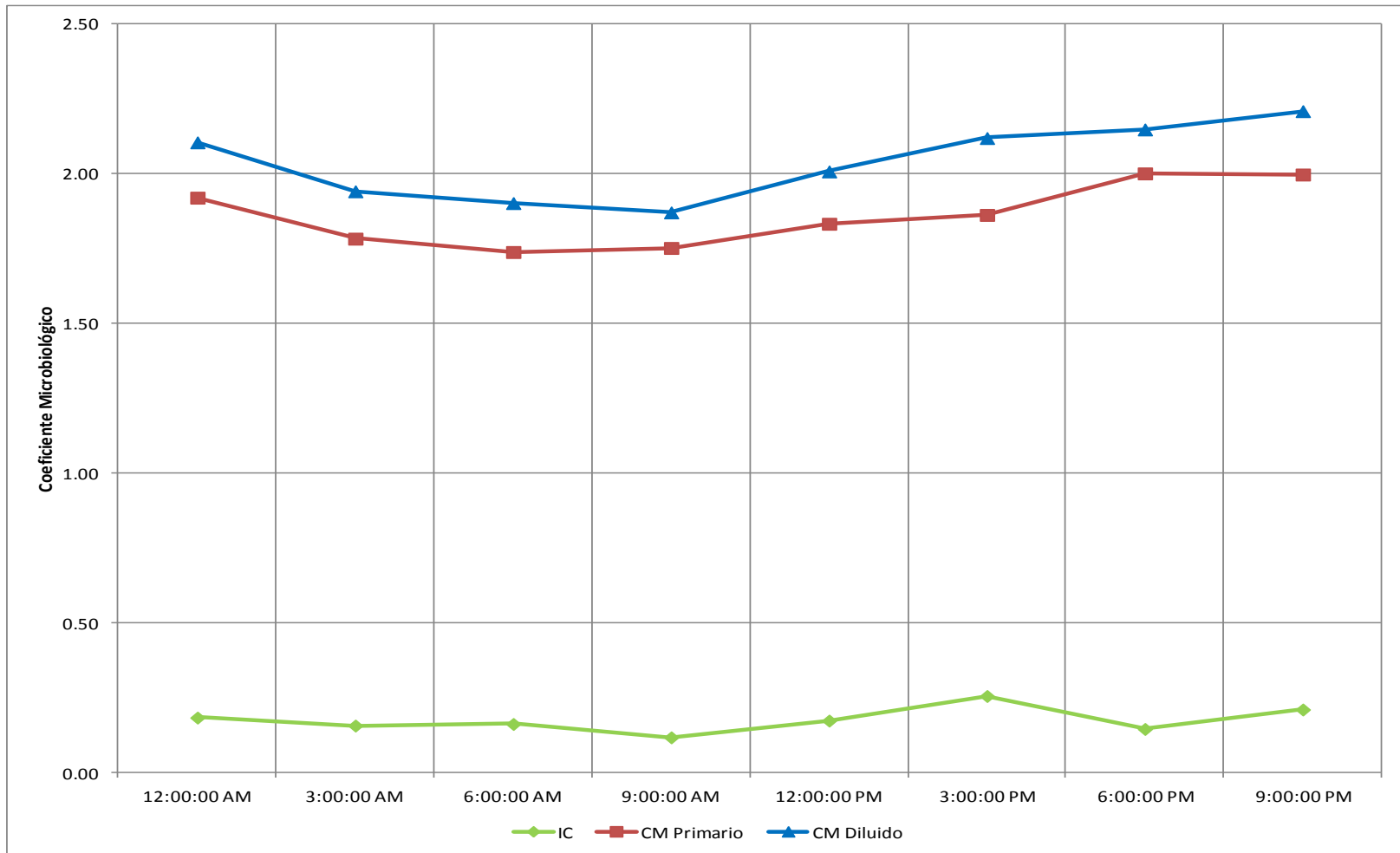


Gráfico no. 20: Coeficiente Microbiológico promedio e incremento del Coeficiente Microbiológico cada tres horas para las muestras de jugo primario y diluido del tándem A de la zafra 2010-2011

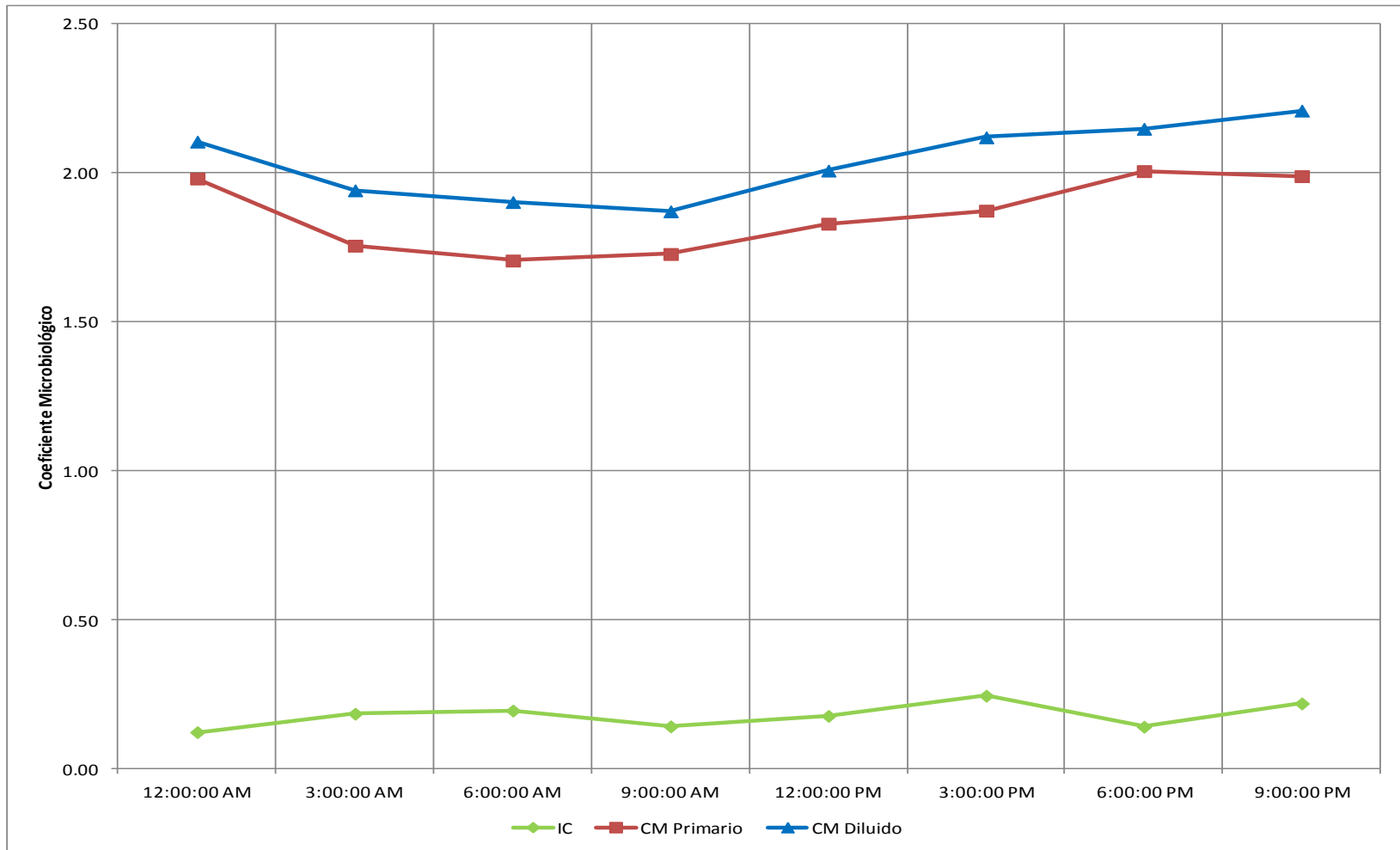


Gráfico no. 21: Coeficiente Microbiológico promedio e incremento del Coeficiente Microbiológico cada tres horas para las muestras de jugo primario y diluido del tándem B de la zafra 2010-2011

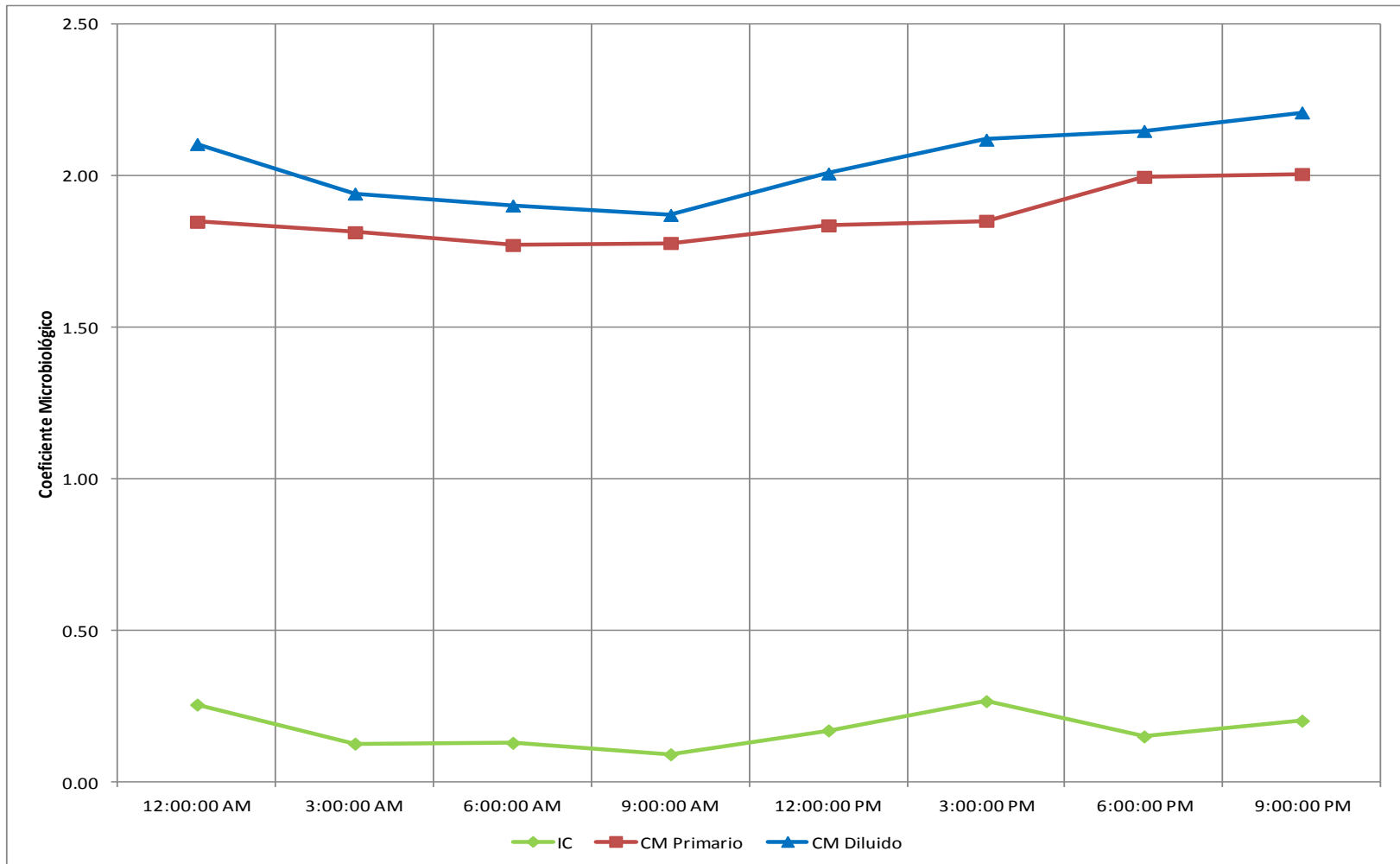


Gráfico no. 22: Comportamiento del Coeficiente Microbiológico promedio e incremento del Coeficiente Microbiológico diario para las muestras de jugo primario y diluido de la zafra 2010-2011

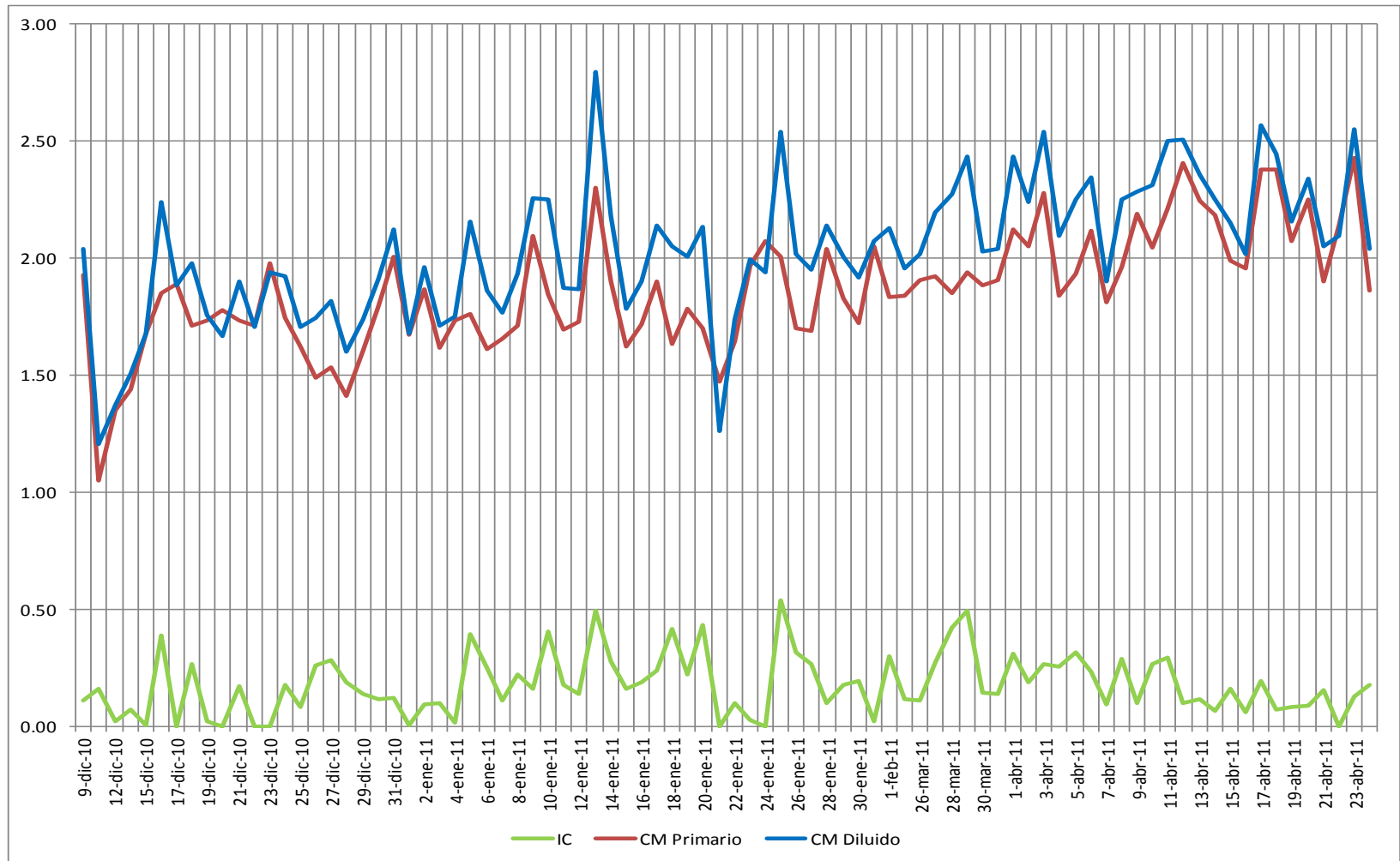


Gráfico no. 23: Comportamiento del Coeficiente Microbiológico promedio e incremento del Coeficiente Microbiológico diario para las muestras de jugo primario y diluido del tándem A de la zafra 2010-2011

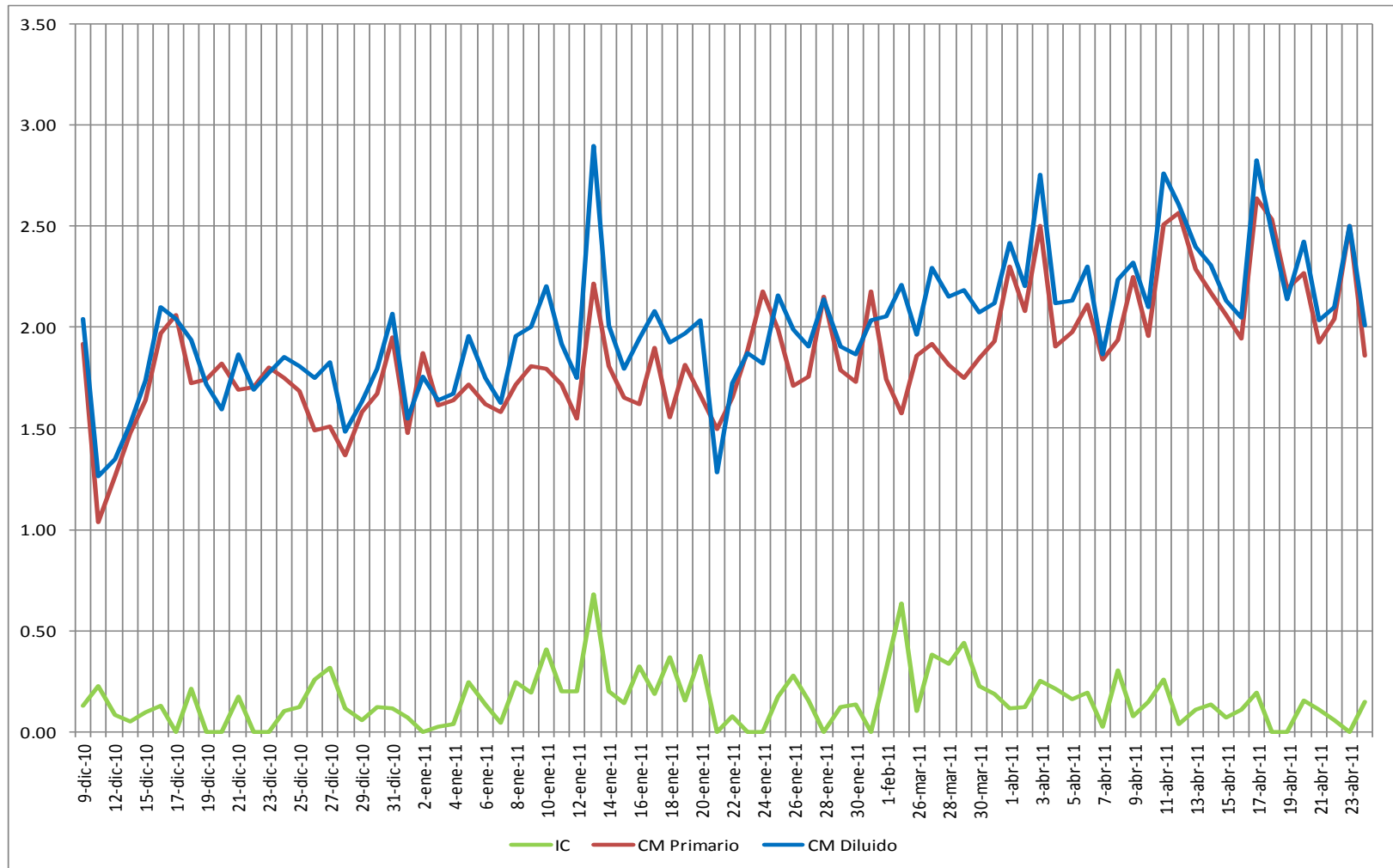
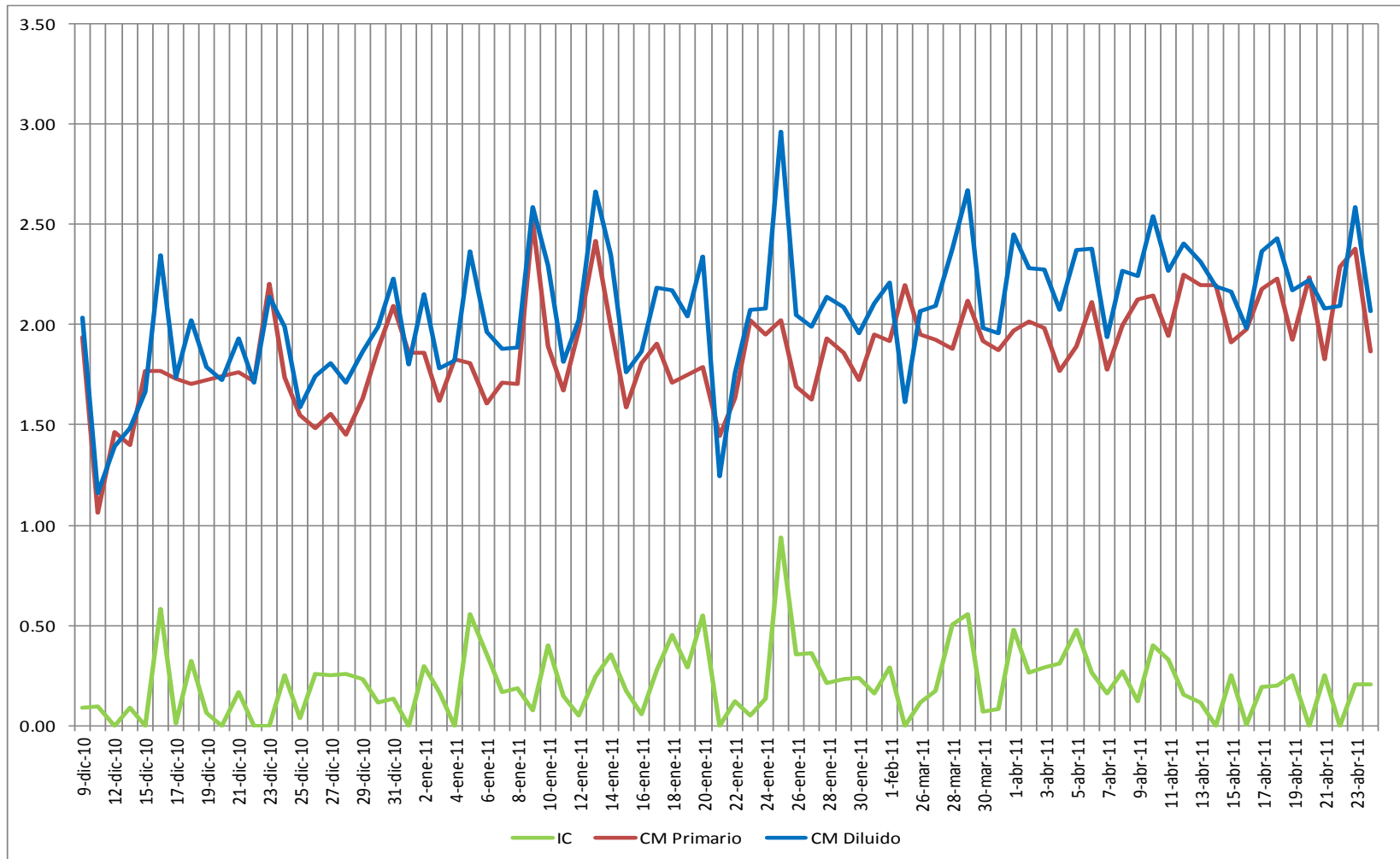


Gráfico no. 24: Comportamiento del Coeficiente Microbiológico promedio e incremento del Coeficiente Microbiológico diario para las muestras de jugo primario y diluido del tándem B de la zafra 2010-2011



2011-2012

Tabla no 8: Conteo de las muestras tomadas durante la zafra 2011-2012 en referencia a su clasificación

Interpretación	Visual	Conteo de muestras
Bueno	Verde	6309
Alerta	Amarillo	5061
Malo	Naranja	7531
Crítico	Rojo	631
	Total	19,532

Tabla no. 9: Conteo de las muestras tomadas durante la zafra 2011-2012 en referencia a su clasificación IC promedio cada 3 horas

Interpretación	Visual	Conteo de muestras
Bueno	Verde	461
Regular	Azul	246
Alerta	Amarillo	530
Malo	Naranja	27
Crítico	Rojo	10
	Total	1,274

Gráfico no. 25: Representación de Coeficiente Microbiológico de las muestras tomadas durante la zafra 2011-2012 en referencia a su clasificación

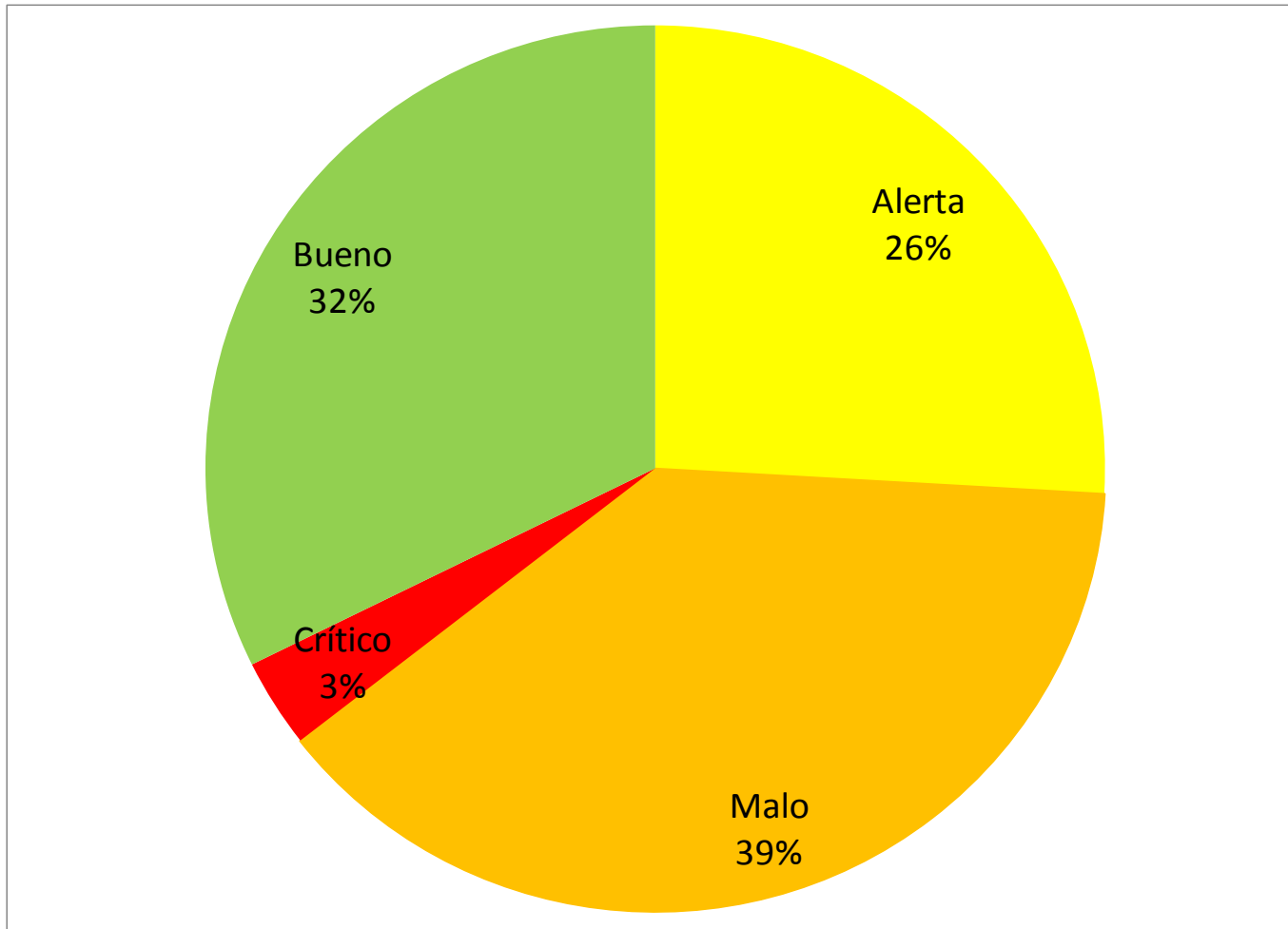


Gráfico no. 26: Representación de Coeficiente Microbiológico de las muestras tomadas para el tándem A durante la zafra 2011-2012 en referencia a su clasificación

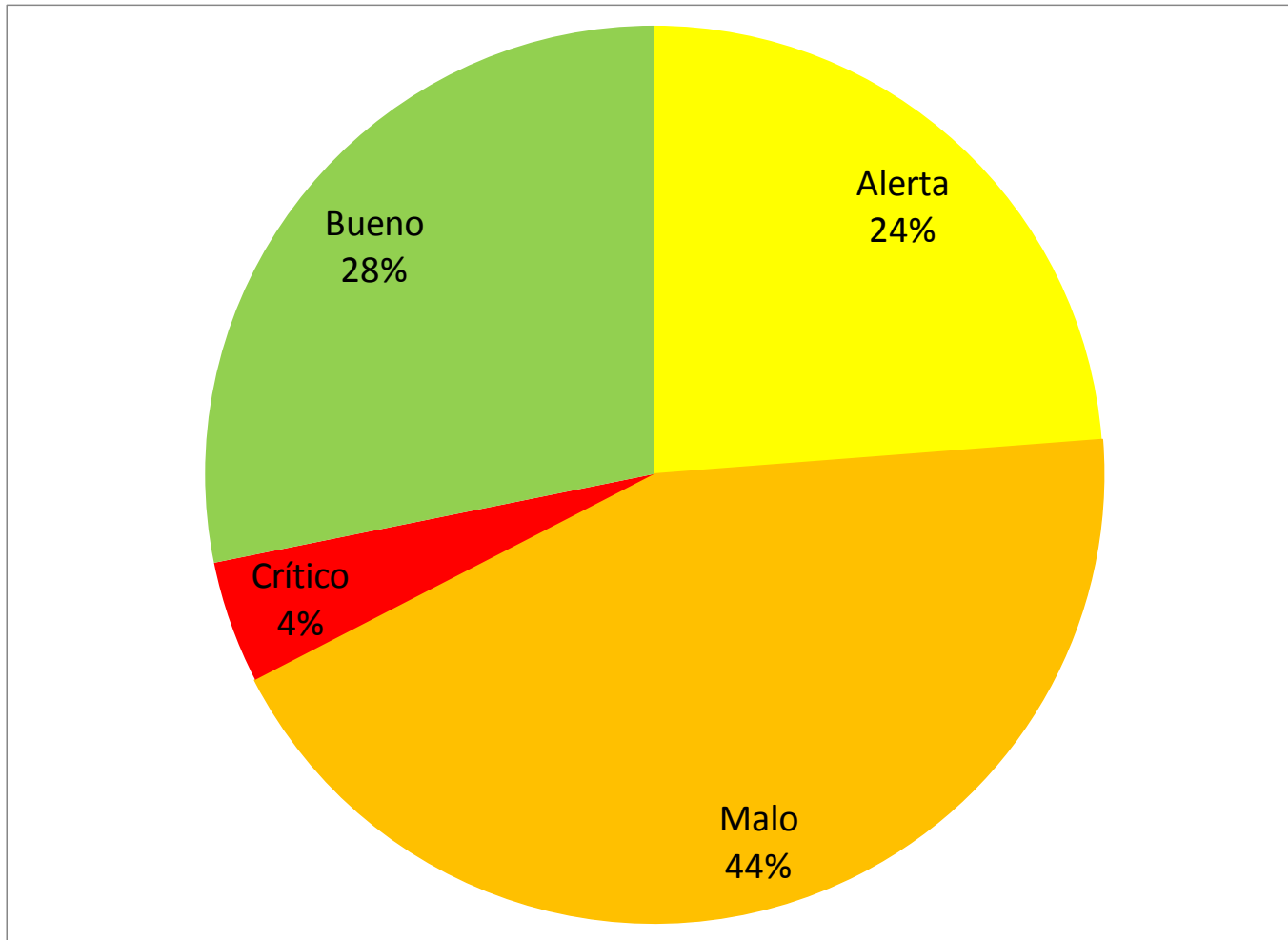


Gráfico no. 27: Representación de Coeficiente Microbiológico de las muestras tomadas para el tándem B durante la zafra 2011-2012 en referencia a su clasificación

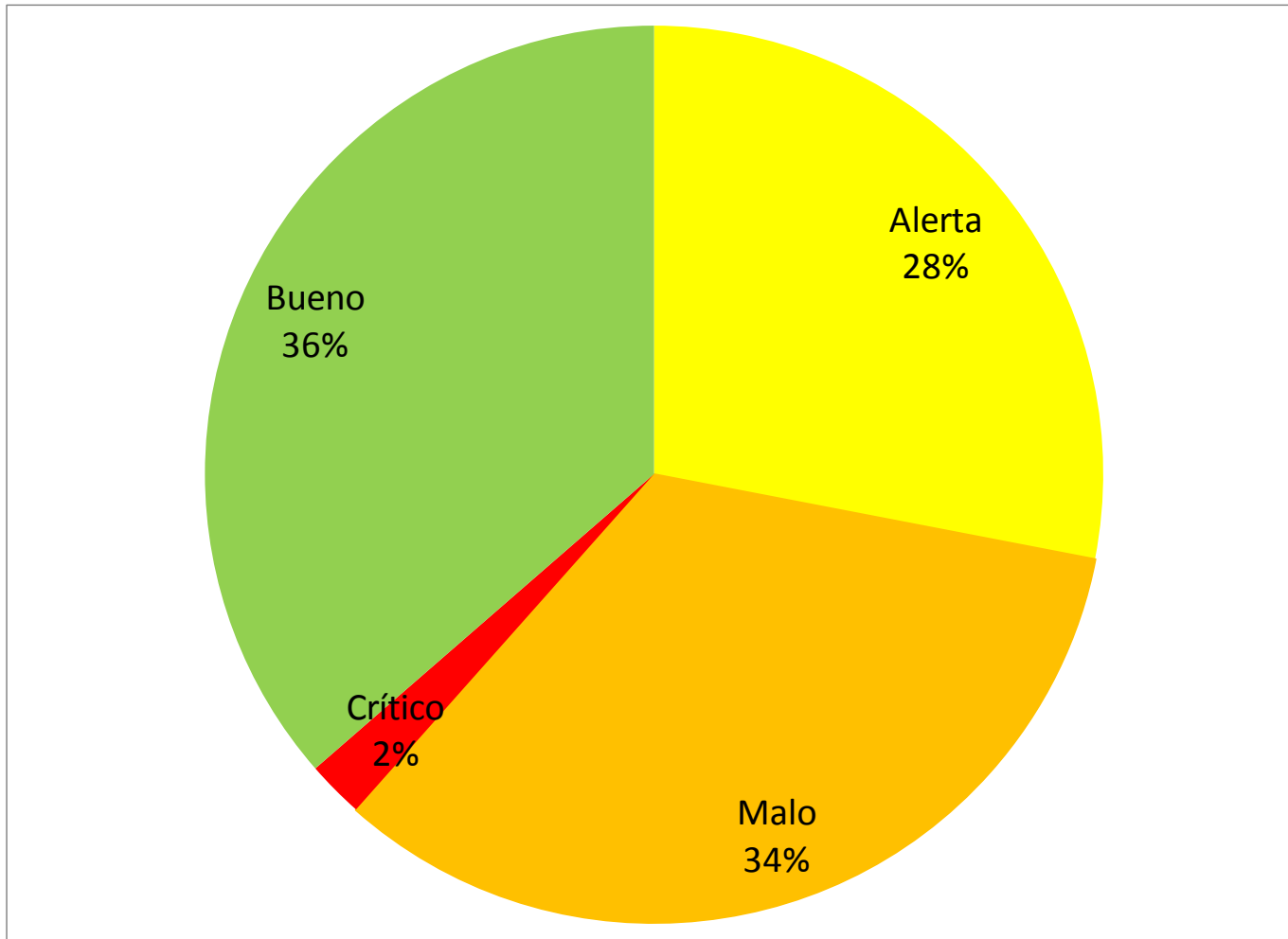


Gráfico no. 28: Representación de Coeficiente Microbiológico de las muestras tomadas para el jugo primario durante la zafra 2011-2012 en referencia a su clasificación

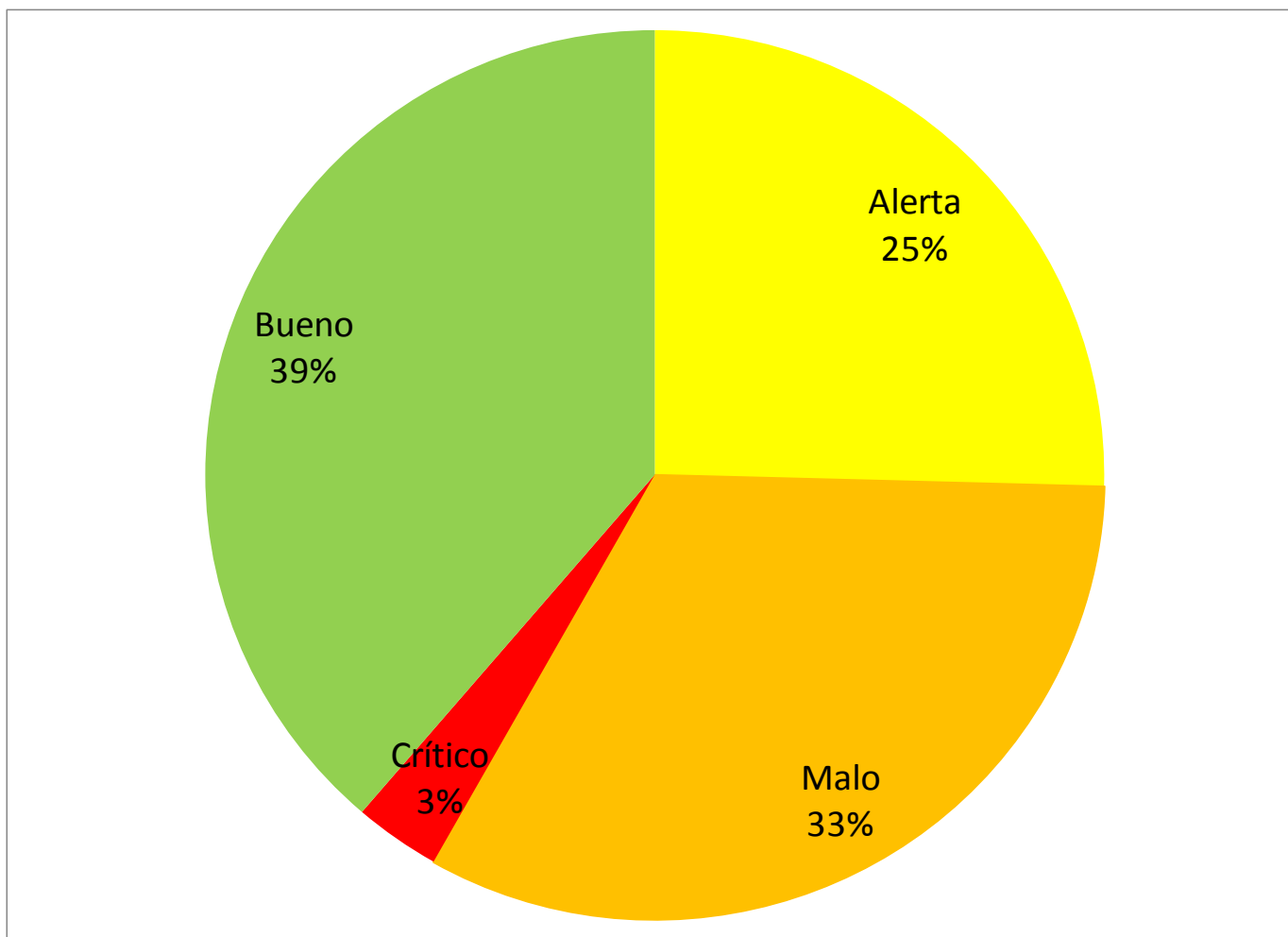


Gráfico no. 29: Representación de Coeficiente Microbiológico de las muestras tomadas para el jugo diluido durante la zafra 2011-2012 en referencia a su clasificación

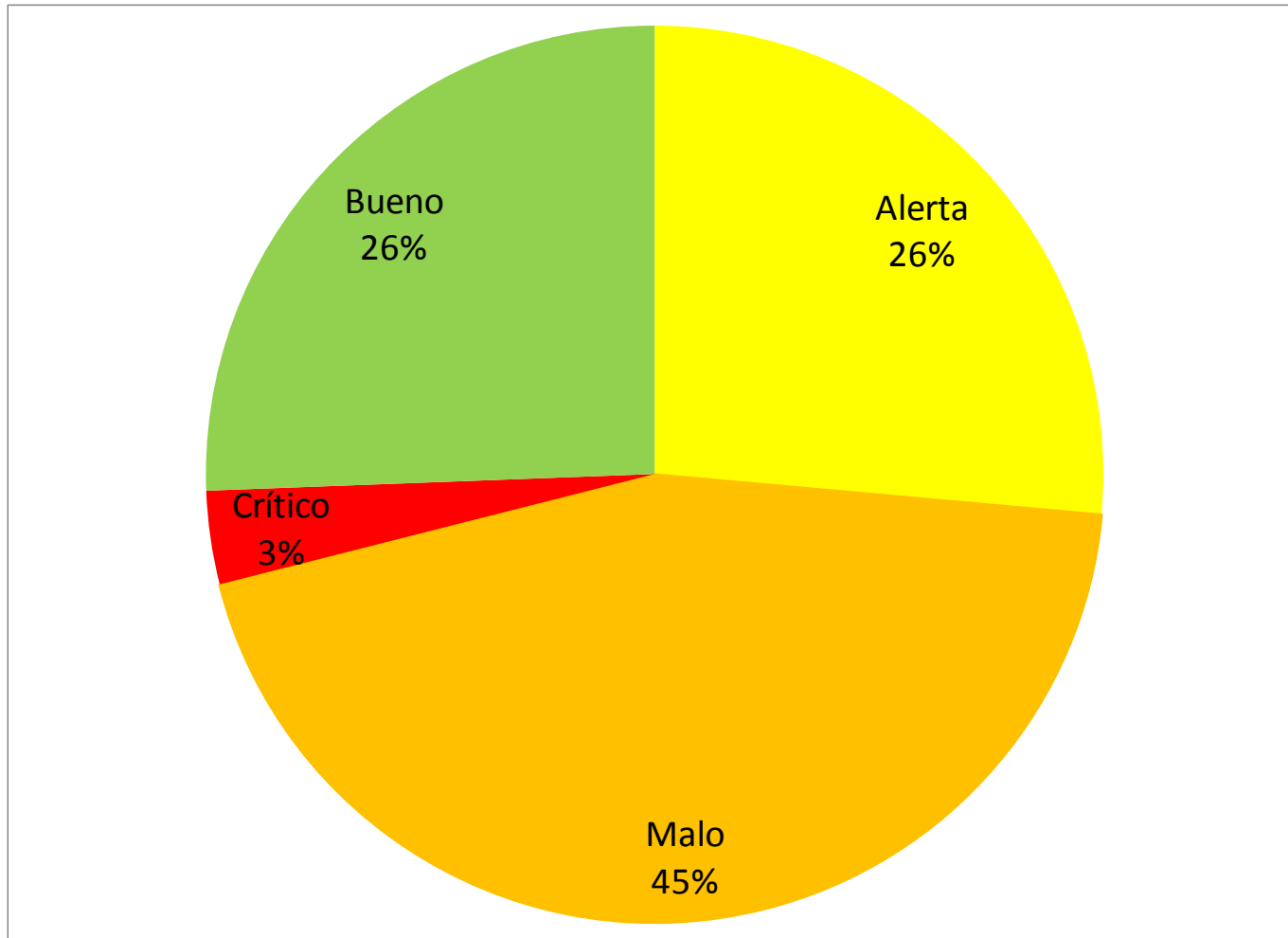


Gráfico no. 30: Representación de Coeficiente Microbiológico de las muestras tomadas para el jugo primario del tándem A durante la zafra 2011-2012 en referencia a su clasificación

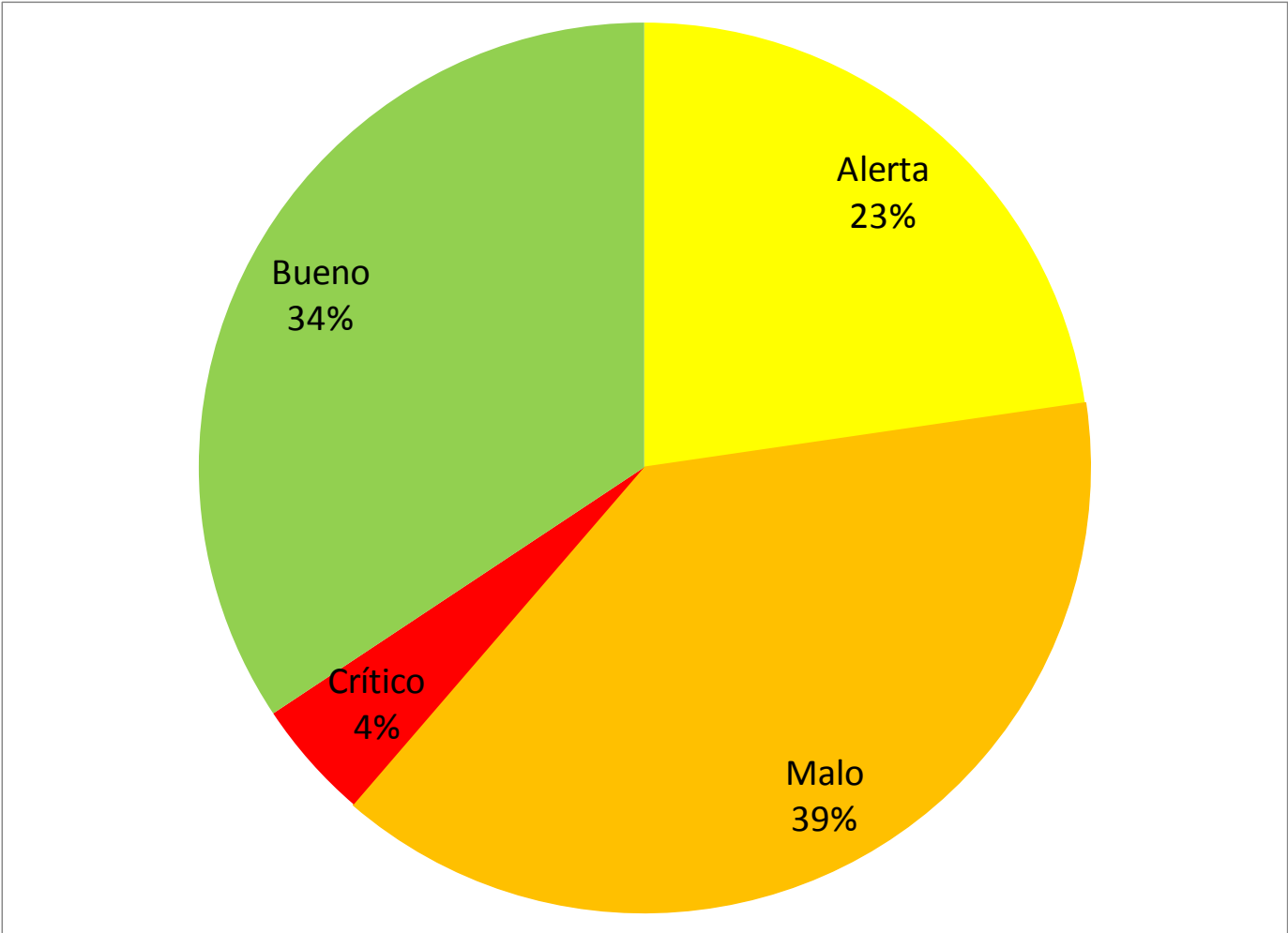


Gráfico no. 31: Representación de Coeficiente Microbiológico de las muestras tomadas para el jugo primario del tándem B durante la zafra 2011-2012 en referencia a su clasificación

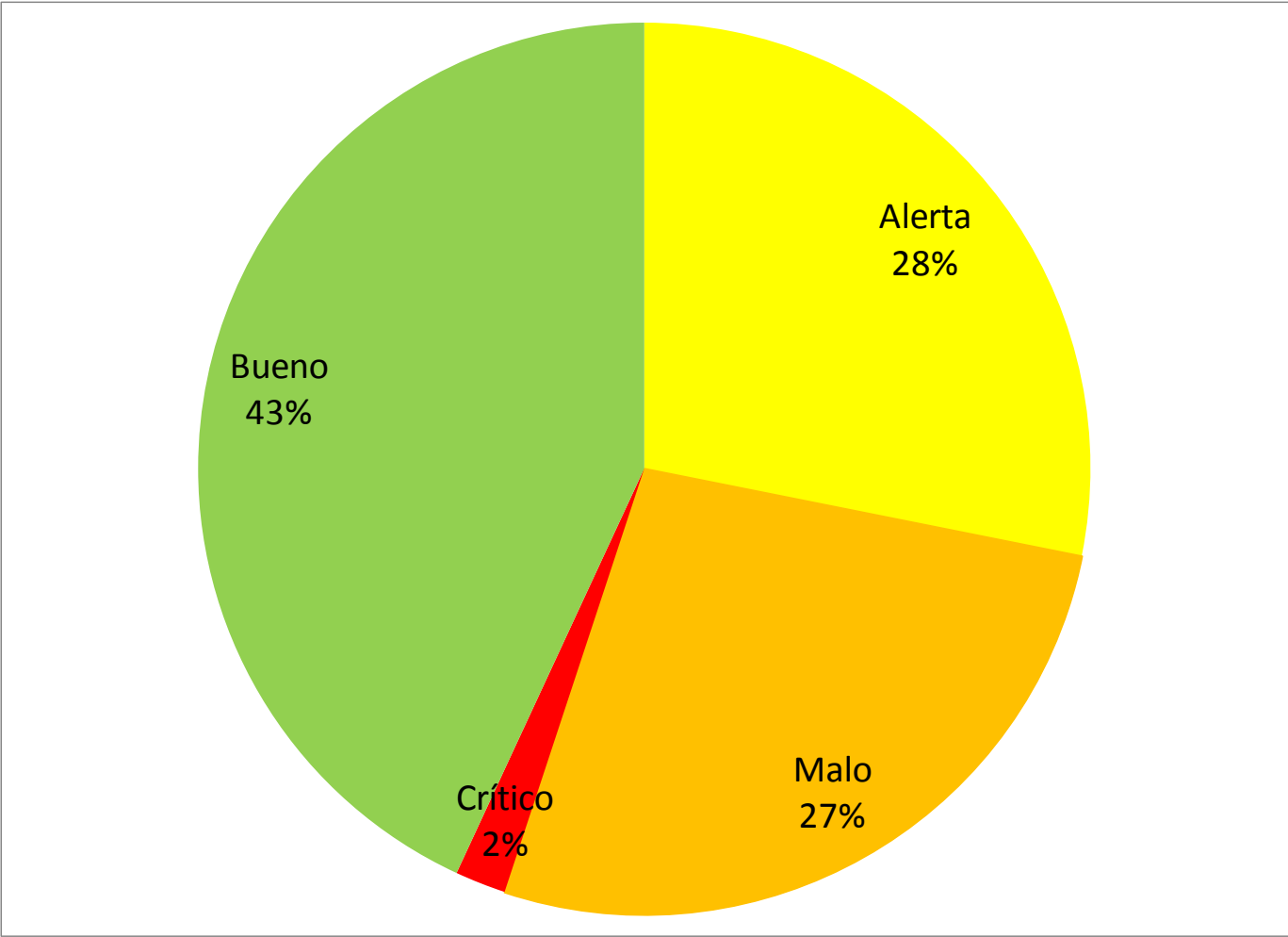


Gráfico no. 32: Representación de Coeficiente Microbiológico de las muestras tomadas para el jugo diluido del tándem A durante la zafra 2011-2012 en referencia a su clasificación

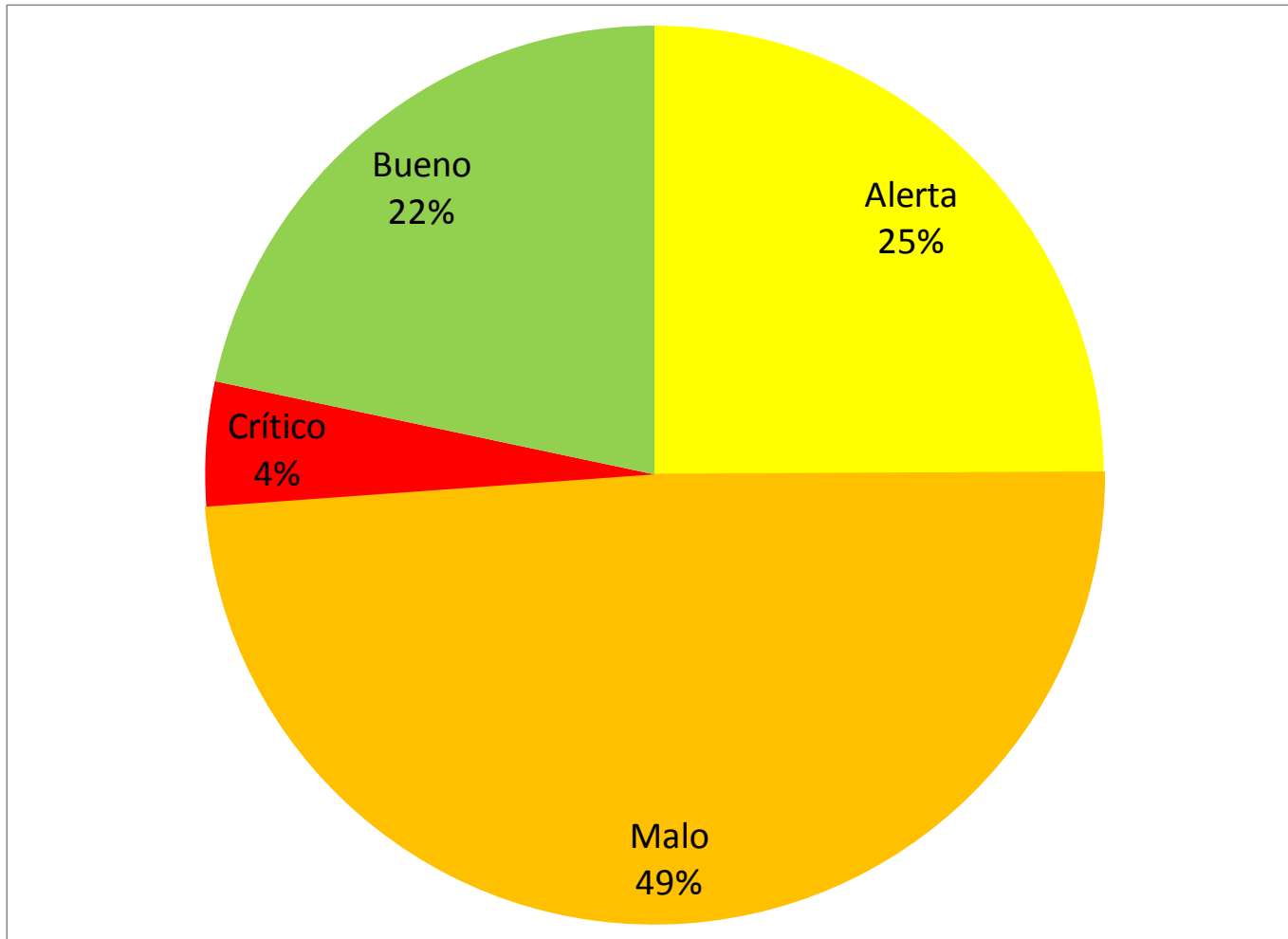


Gráfico no. 33: Representación del Coeficiente Microbiológico de las muestras tomadas para el jugo diluido del tándem B durante la zafra 2011-2012 en referencia a su clasificación

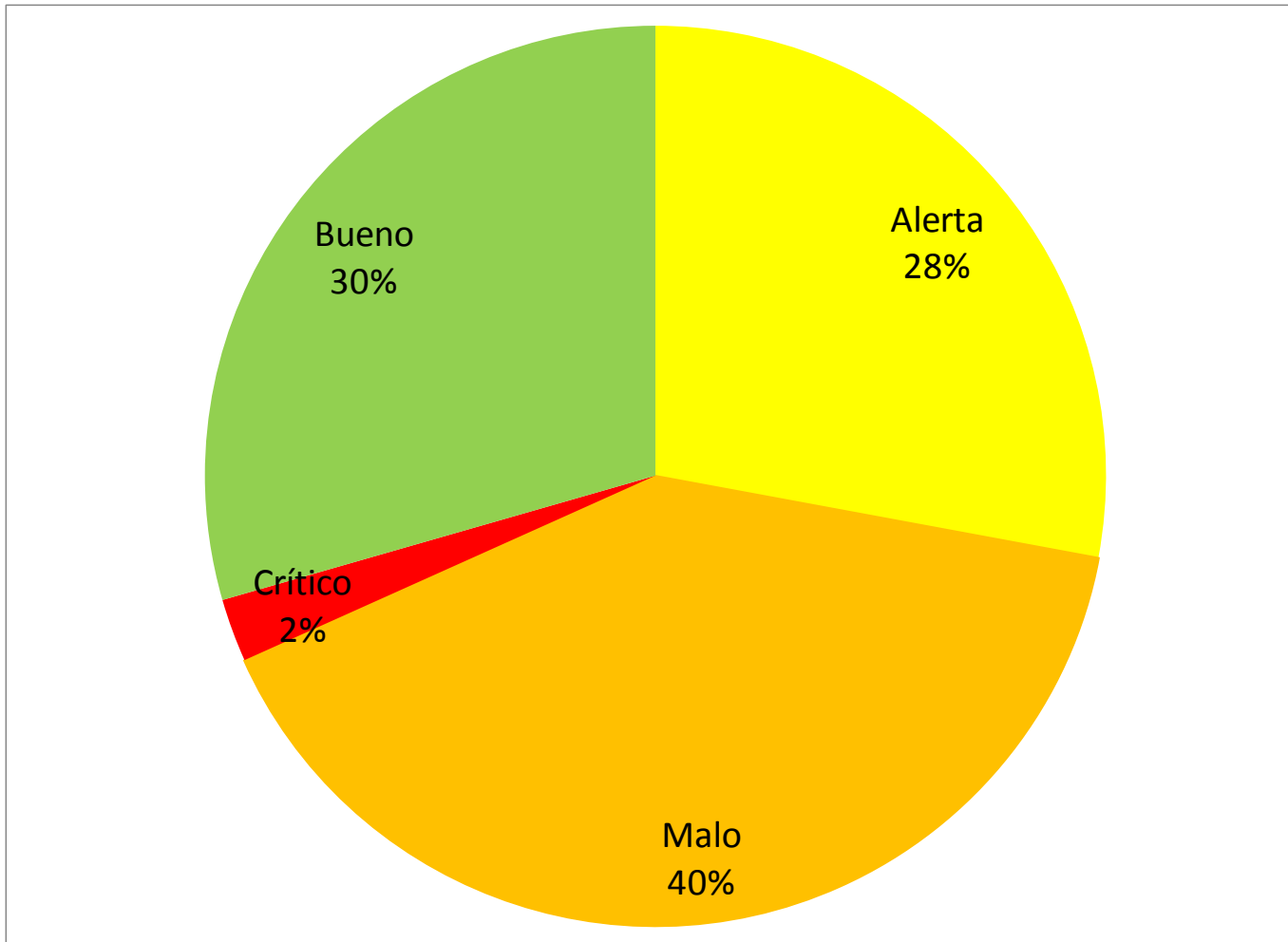


Gráfico no. 34: Coeficiente Microbiológico promedio e incremento del Coeficiente Microbiológico cada tres horas para las muestras de jugo primario y diluido de la zafra 2011-2012

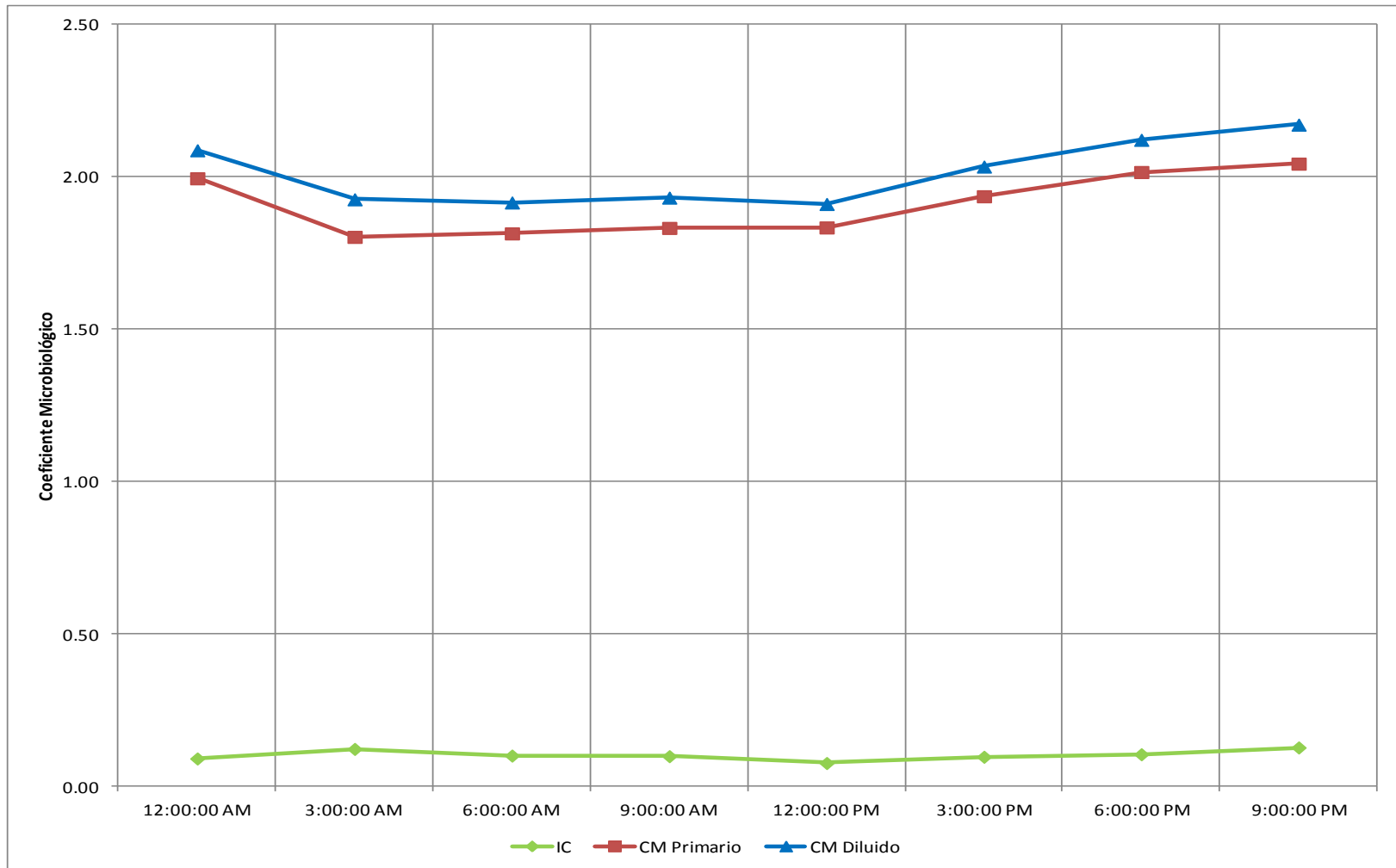


Gráfico no. 35: Coeficiente Microbiológico promedio e incremento del Coeficiente microbiológico cada tres horas para las muestras de jugo primario y diluido del tándem A de la zafra 2011-2012

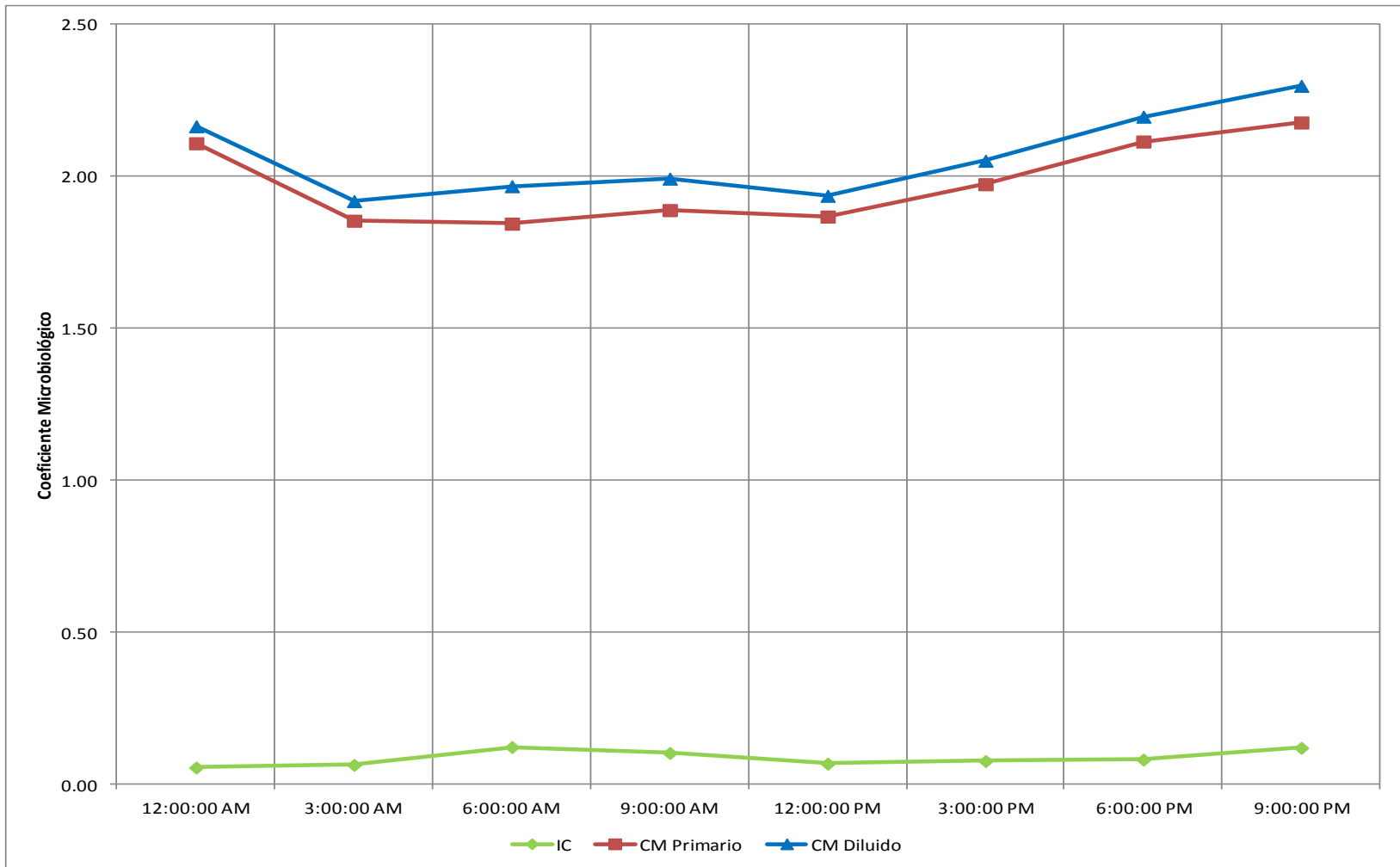


Gráfico no. 36: Coeficiente Microbiológico promedio e incremento del Coeficiente Microbiológico cada tres horas para las muestras de jugo primario y diluido del tándem B de la zafra 2011-2012

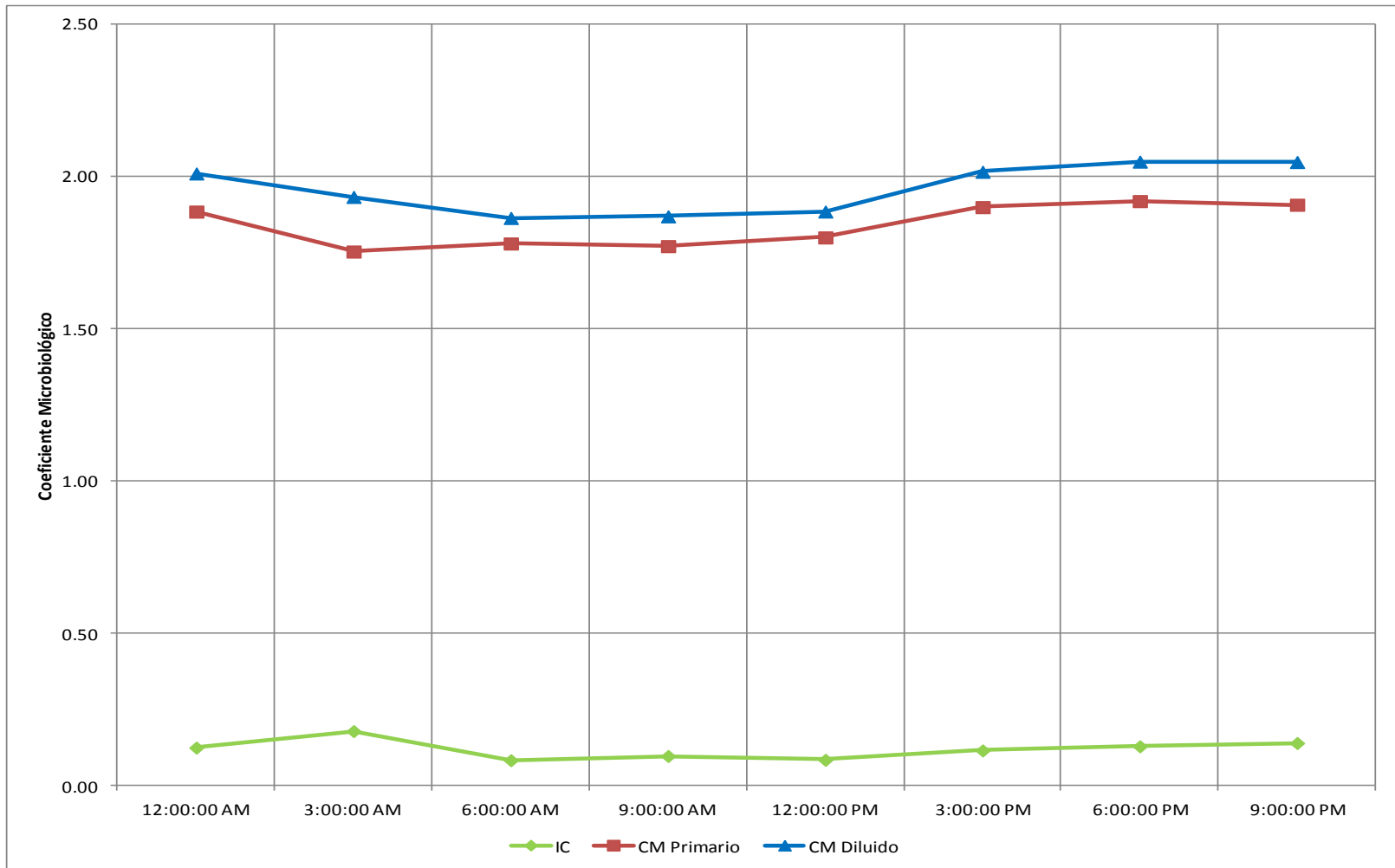


Gráfico no. 37: Comportamiento del Coeficiente Microbiológico promedio e incremento del Coeficiente Microbiológico diario para las muestras de jugo primario y diluido de la zafra 2011-2012

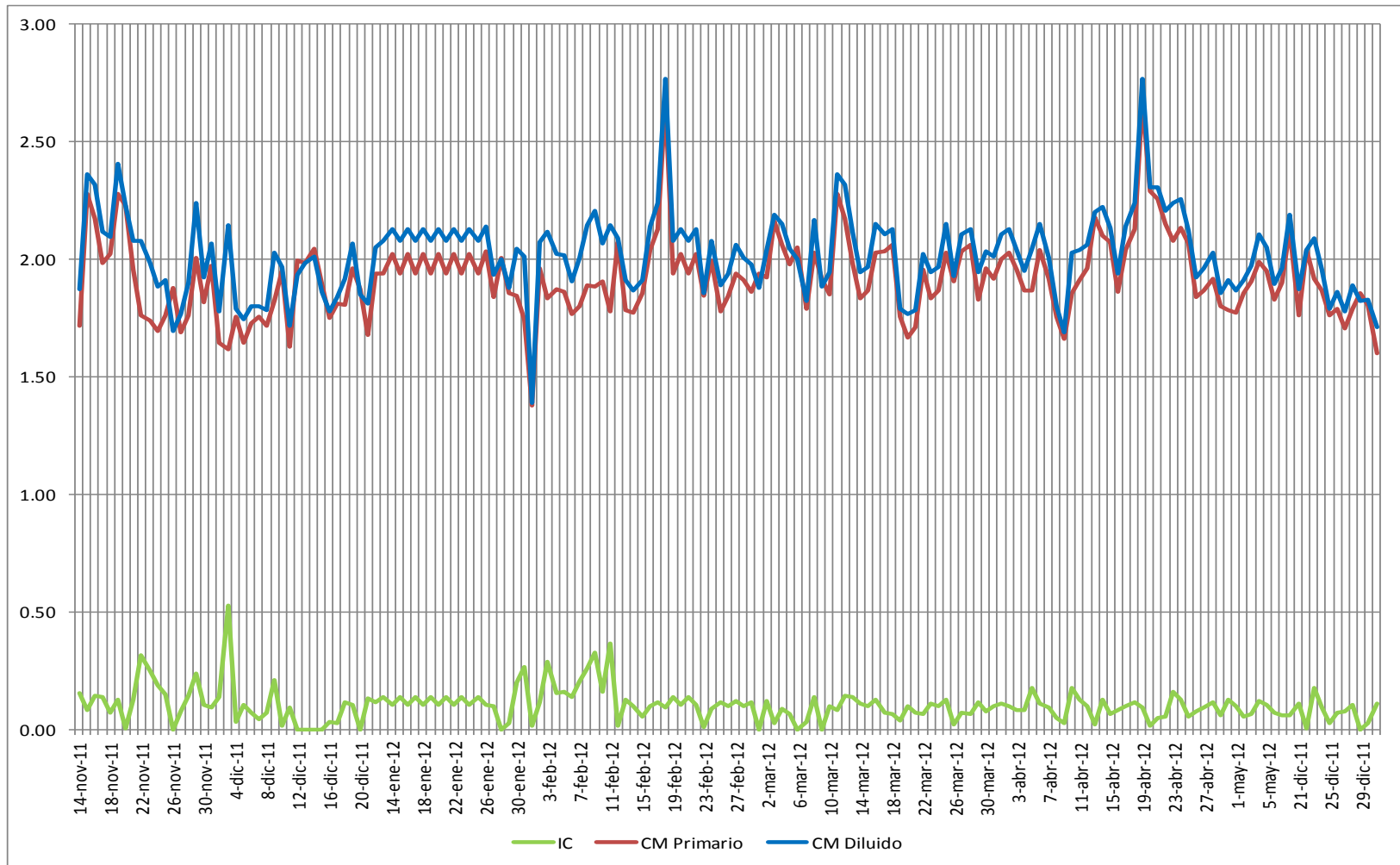


Gráfico no. 38: Comportamiento del Coeficiente Microbiológico promedio e incremento del Coeficiente Microbiológico diario para las muestras de jugo primario y diluido del tándem A de la zafra 2011-2012

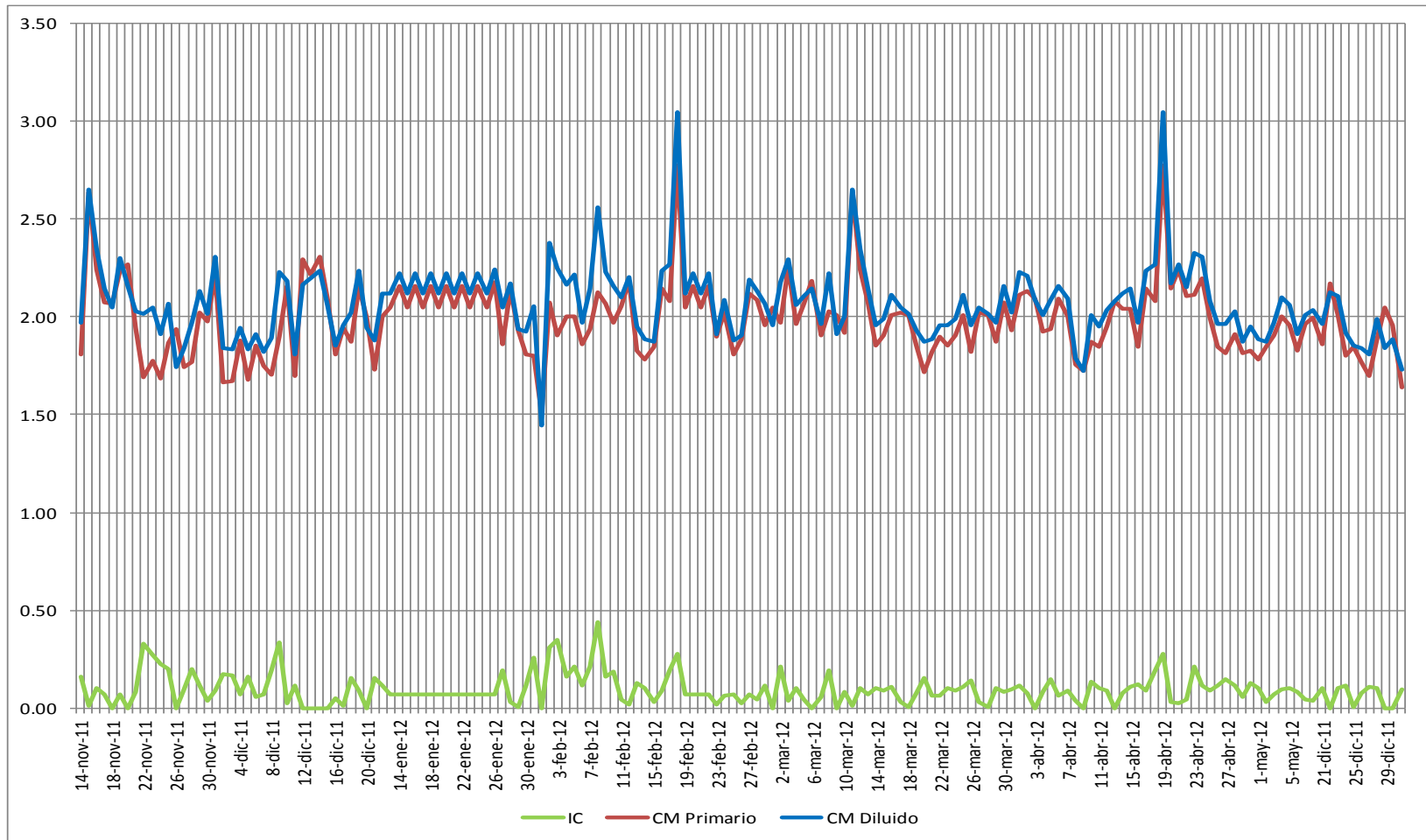


Gráfico no. 39: Comportamiento del Coeficiente Microbiológico promedio e incremento del Coeficiente Microbiológico diario para las muestras de jugo primario y diluido del tándem B de la zafra 2011-2012

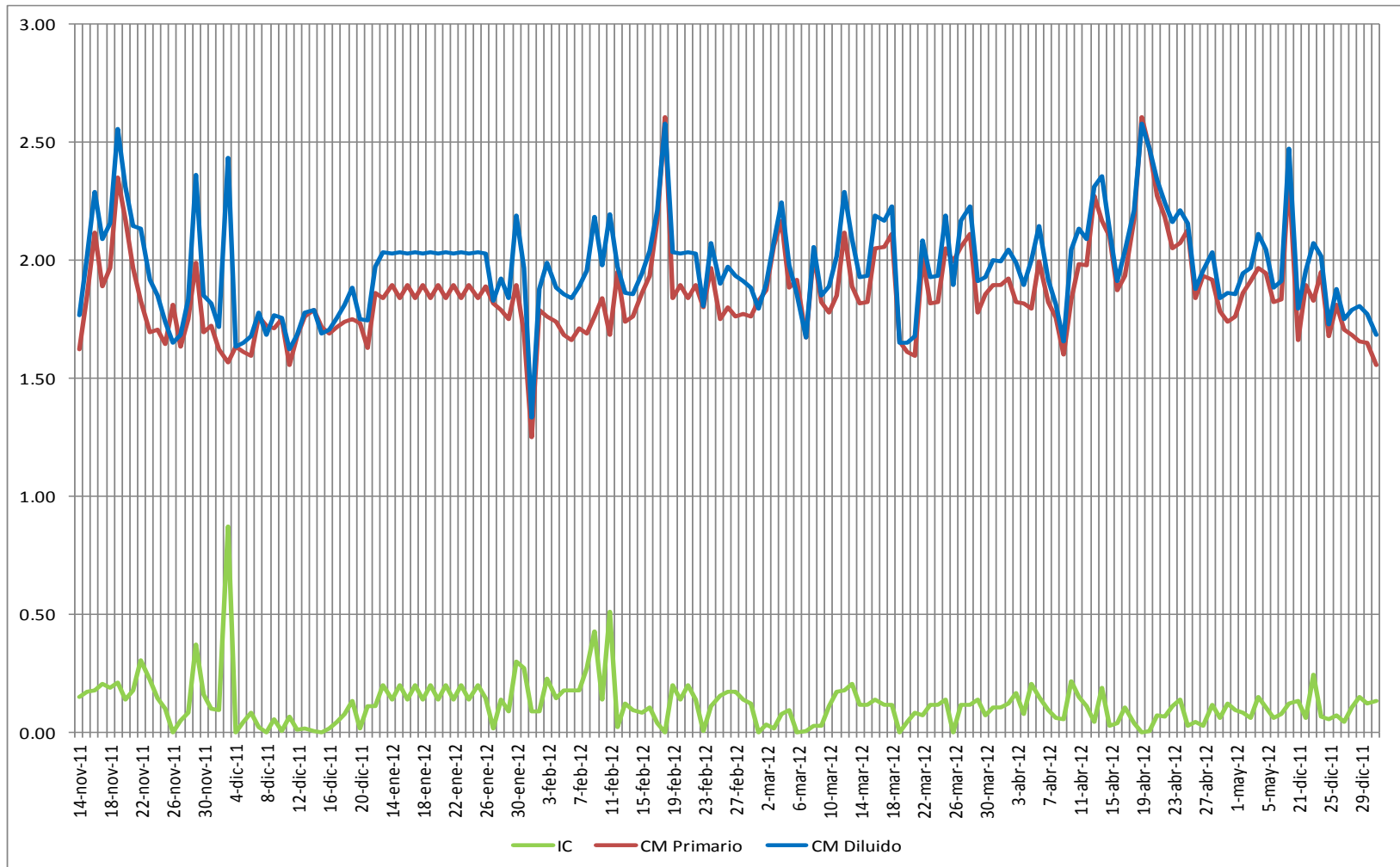


Gráfico no. 40: Representación del incremento del Coeficiente Microbiológico entre jugo primario y diluido durante la zafra 2011-2012 en referencia a su clasificación

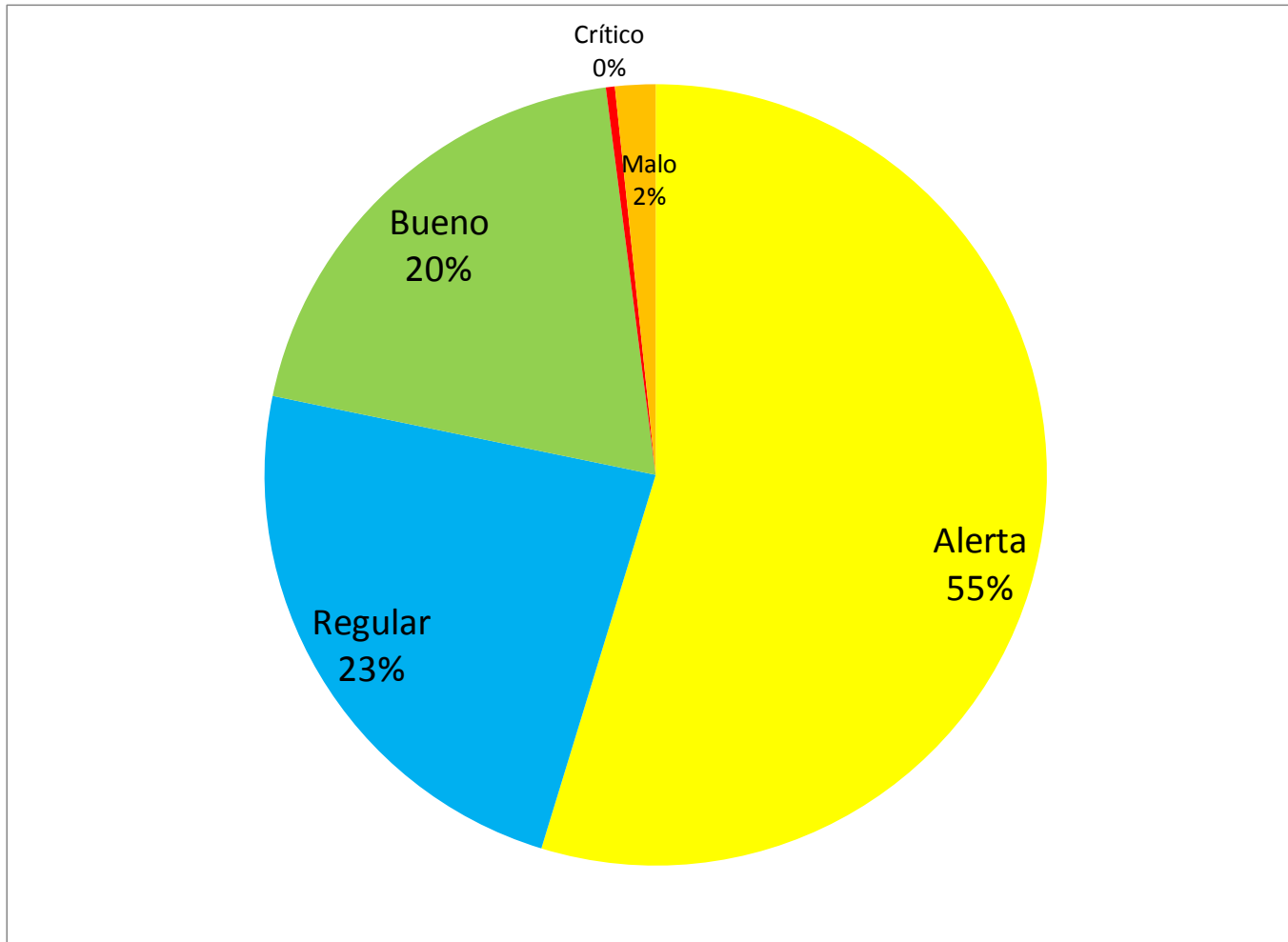


Gráfico no. 41: Representación del incremento del Coeficiente Microbiológico entre jugo primario y diluido del tándem A durante la zafra 2011-2012 en referencia a su clasificación

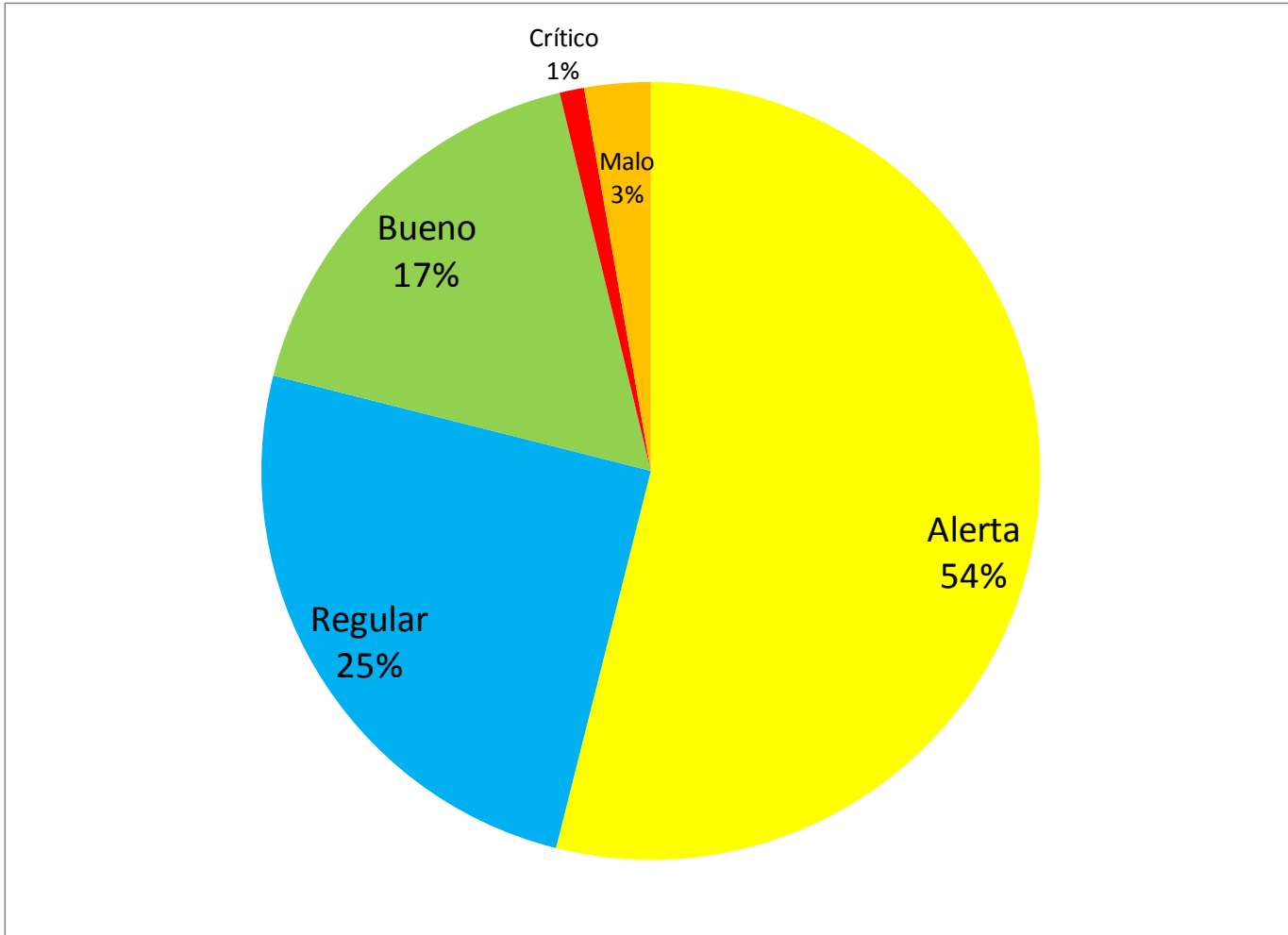
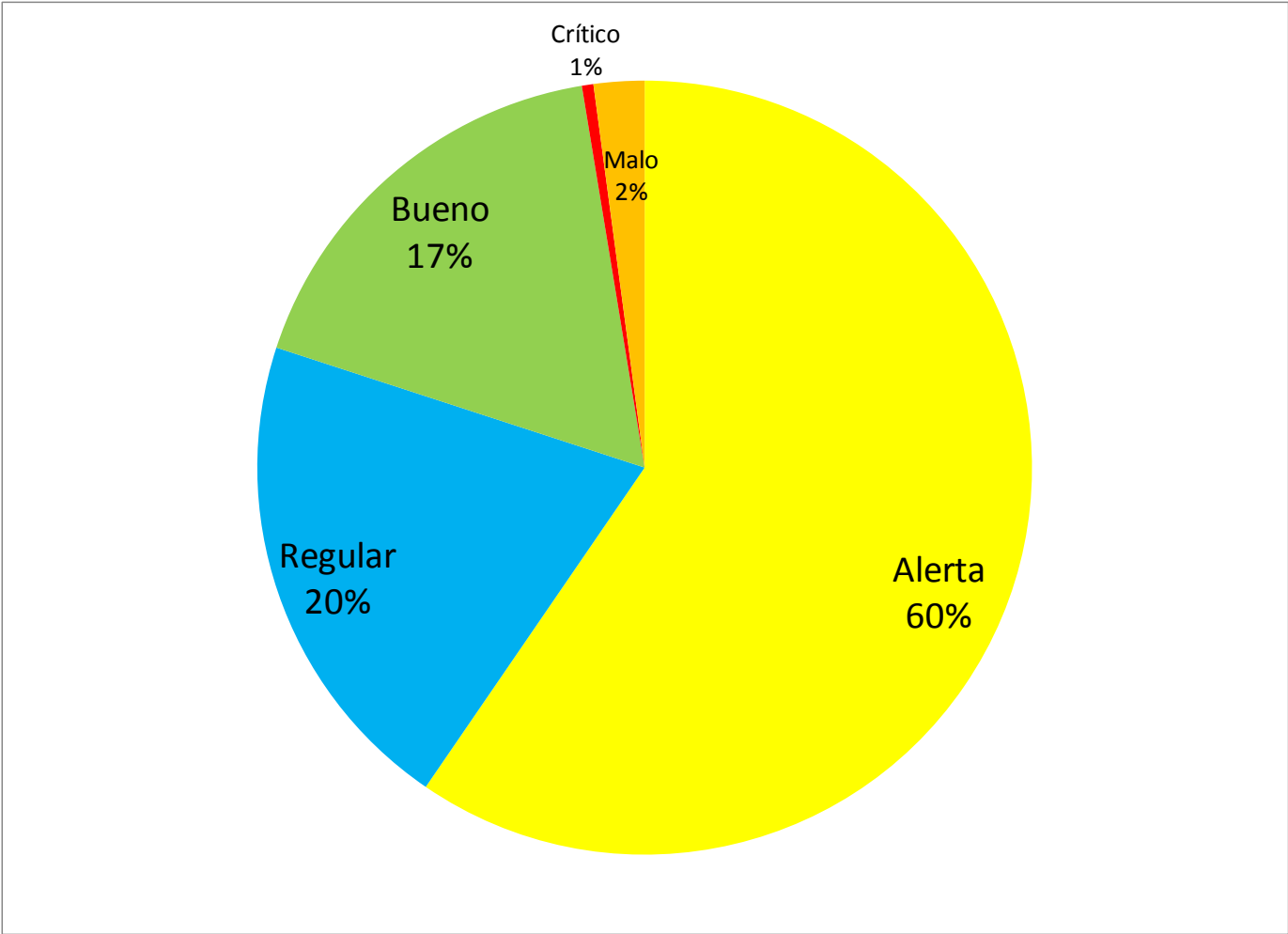


Gráfico no. 42: Representación del incremento del Coeficiente Microbiológico entre jugo primario y diluido del tándem B durante la zafra 2011-2012 en referencia a su clasificación



2012-2013

Tabla no. 10: Conteo de las muestras tomadas durante la zafra 2011-2012 en referencia a su clasificación

Interpretación	Visual	Conteo de muestras
Bueno	Verde	7074
Alerta	Amarillo	6141
Malo	Naranja	6232
Crítico	Rojo	642
	Total	20,089

Tabla no. 11: Conteo de las muestras tomadas durante la zafra 2012-2013 en referencia a su clasificación IC promedio cada 3 horas

Interpretación	Visual	Conteo de muestras
Bueno	Verde	390
Regular	Azul	297
Alerta	Amarillo	688
Malo	Naranja	17
Crítico	Rojo	2
	Total	1,274

Gráfico no. 43: Representación de Coeficiente Microbiológico de las muestras tomadas durante la zafra 2012-2013 en referencia a su clasificación

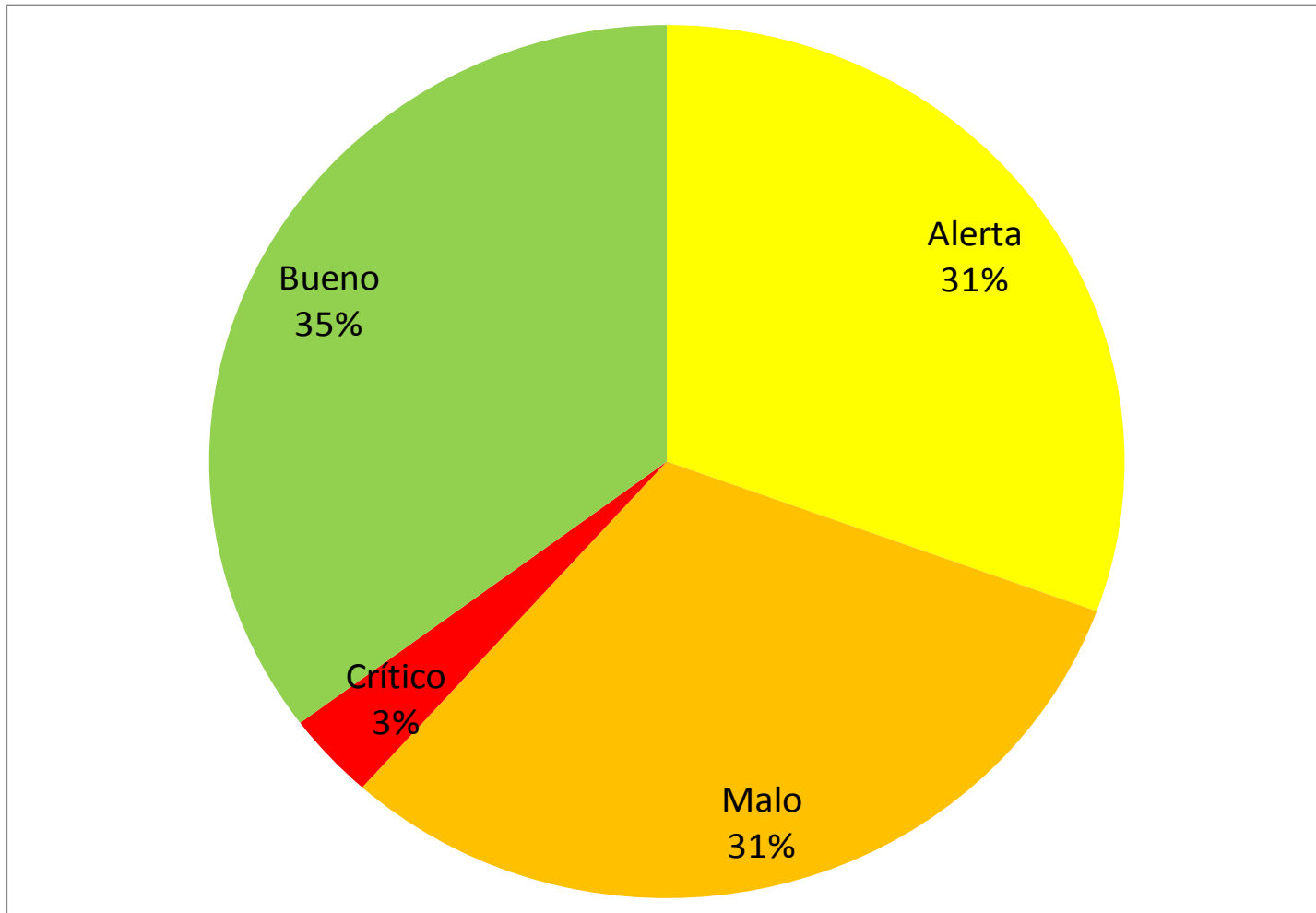


Gráfico no. 44: Representación de Coeficiente Microbiológico de las muestras tomadas para el tándem A durante la zafra 2012-2013 en referencia a su clasificación

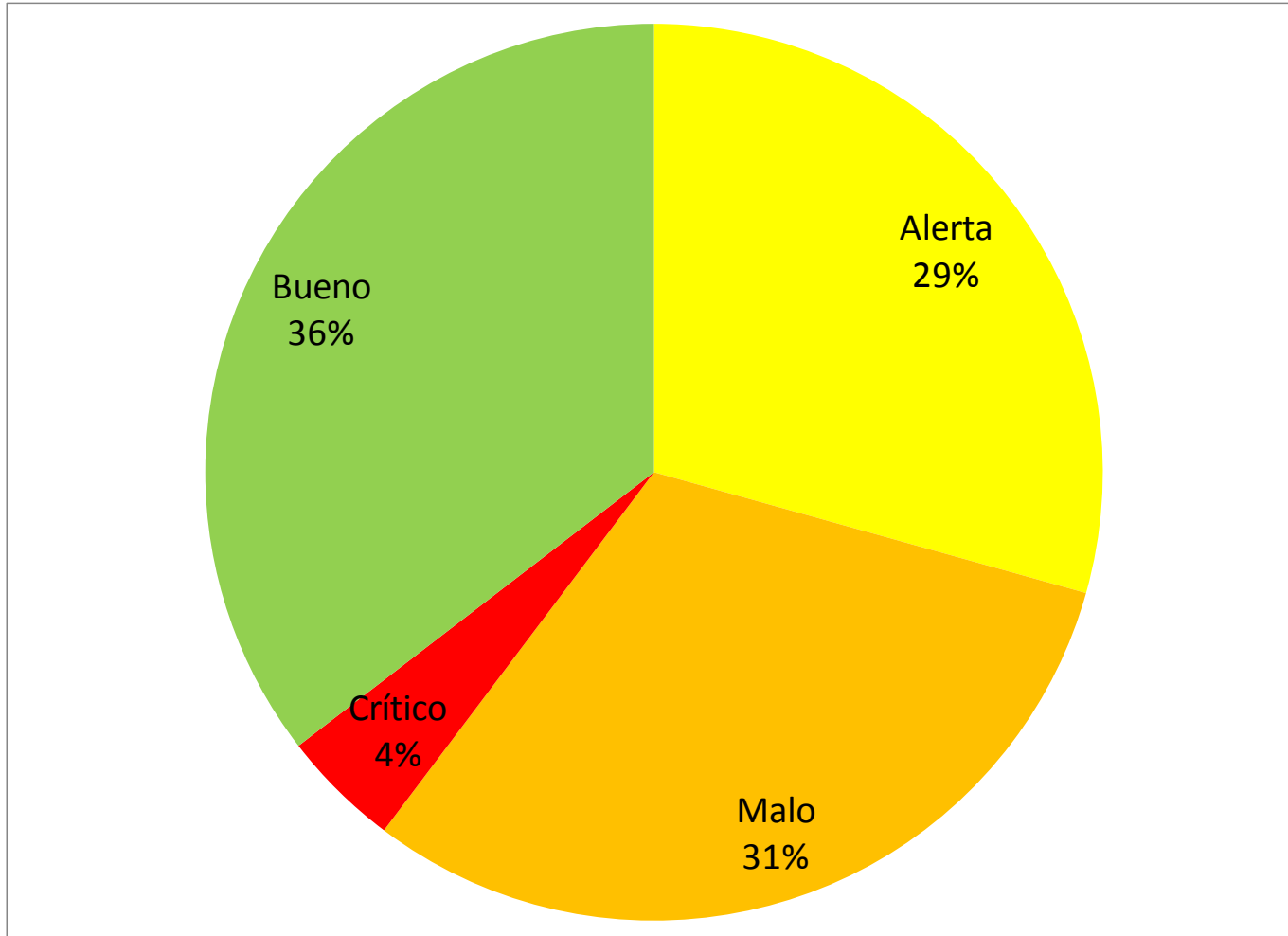


Gráfico no. 45: Representación de Coeficiente Microbiológico de las muestras tomadas para el tándem B durante la zafra 2012-2013 en referencia a su clasificación

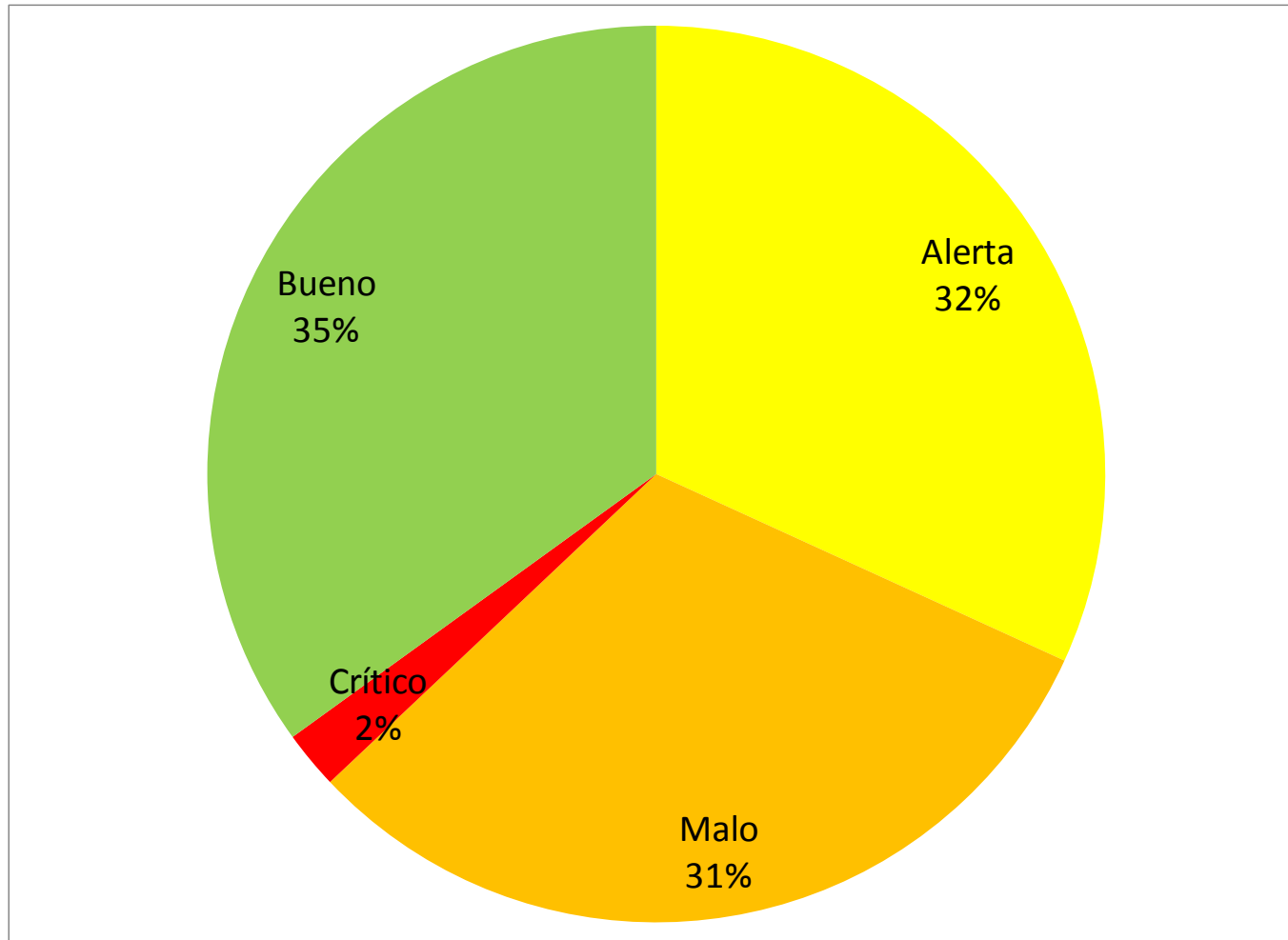


Gráfico no. 46: Representación de Coeficiente Microbiológico de las muestras tomadas para el jugo primario durante la zafra 2012-2013 en referencia a su clasificación

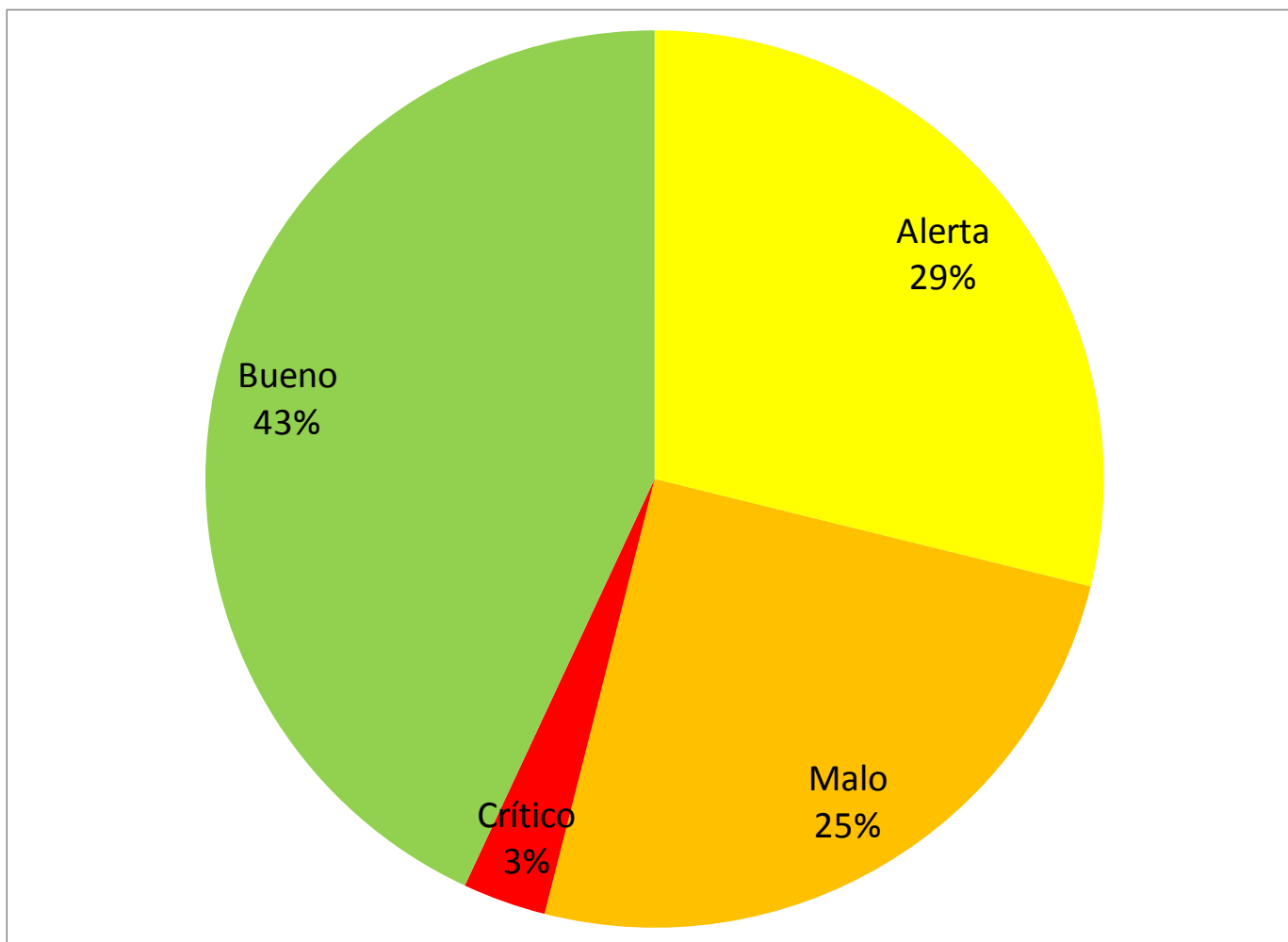


Gráfico no. 47: Representación de Coeficiente Microbiológico de las muestras tomadas para el jugo diluido durante la zafra 2012-2013 en referencia a su clasificación

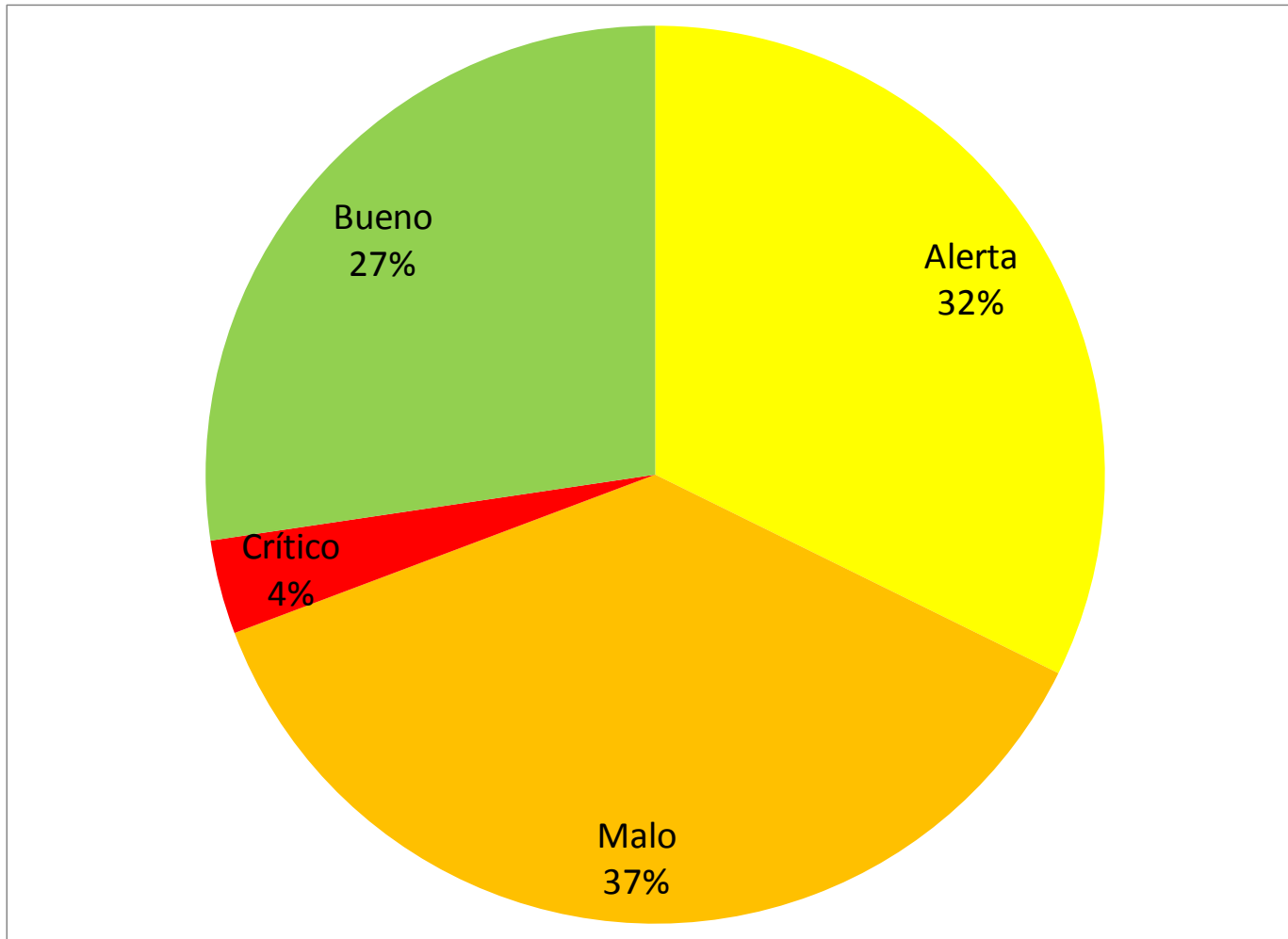


Gráfico no. 48: Representación de Coeficiente Microbiológico de las muestras tomadas para el jugo primario del tándem A durante la zafra 2012-2013 en referencia a su clasificación

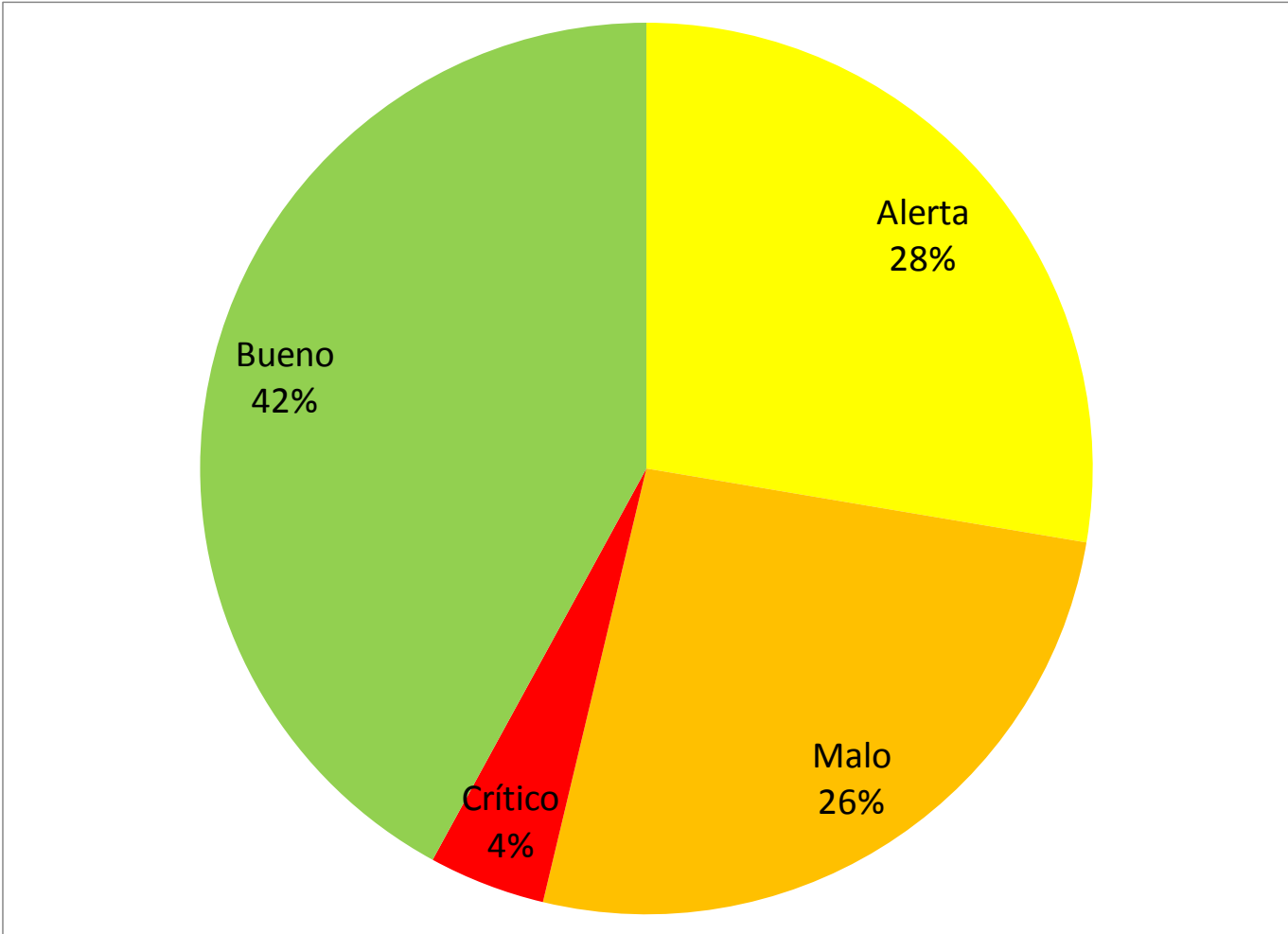


Gráfico no. 49: Representación de Coeficiente Microbiológico de las muestras tomadas para el jugo primario del tándem B durante la zafra 2012-2013 en referencia a su clasificación

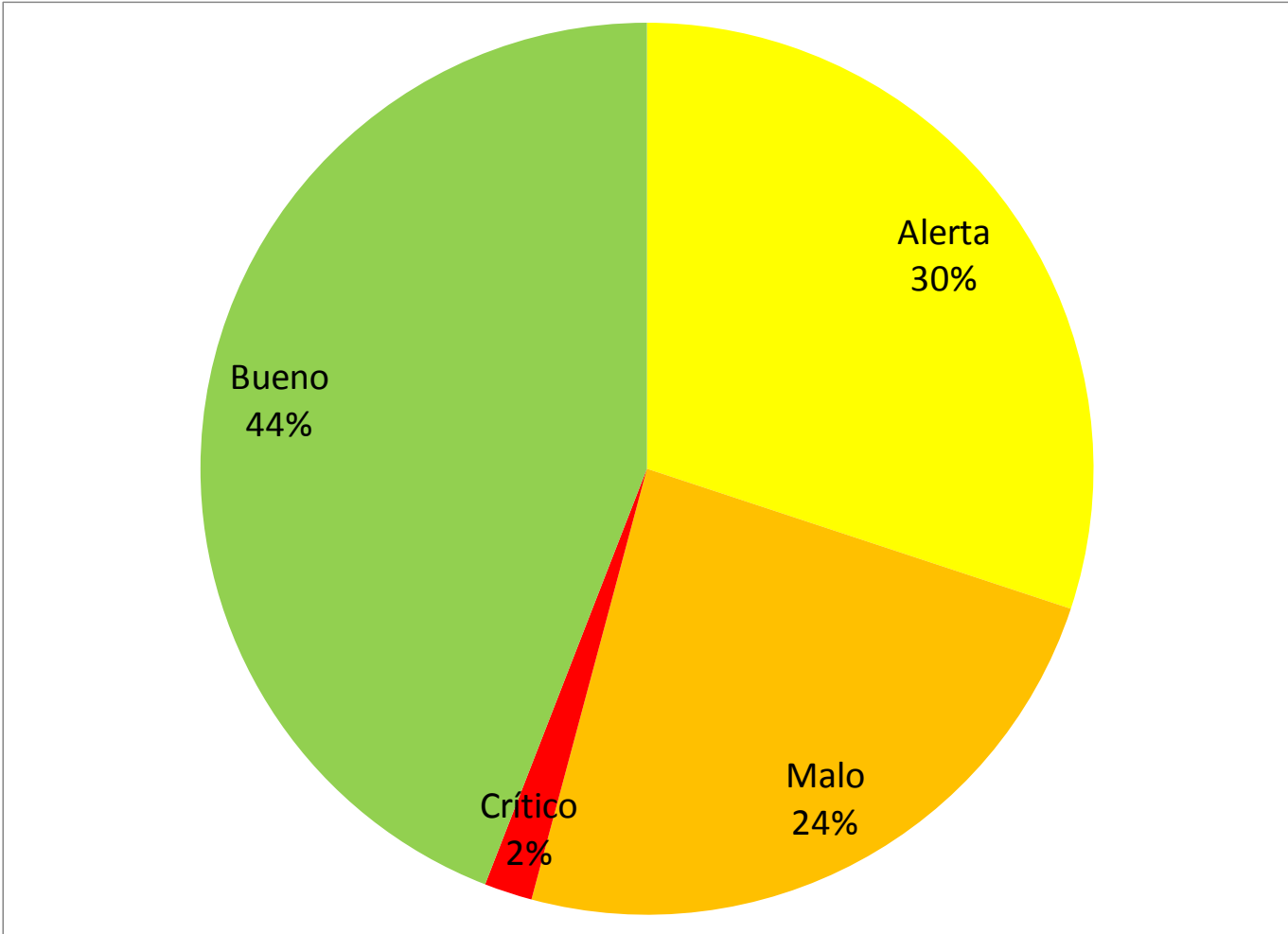


Gráfico no. 50: Representación de Coeficiente Microbiológico de las muestras tomadas para el jugo diluido del tándem A durante la zafra 2012-2013 en referencia a su clasificación

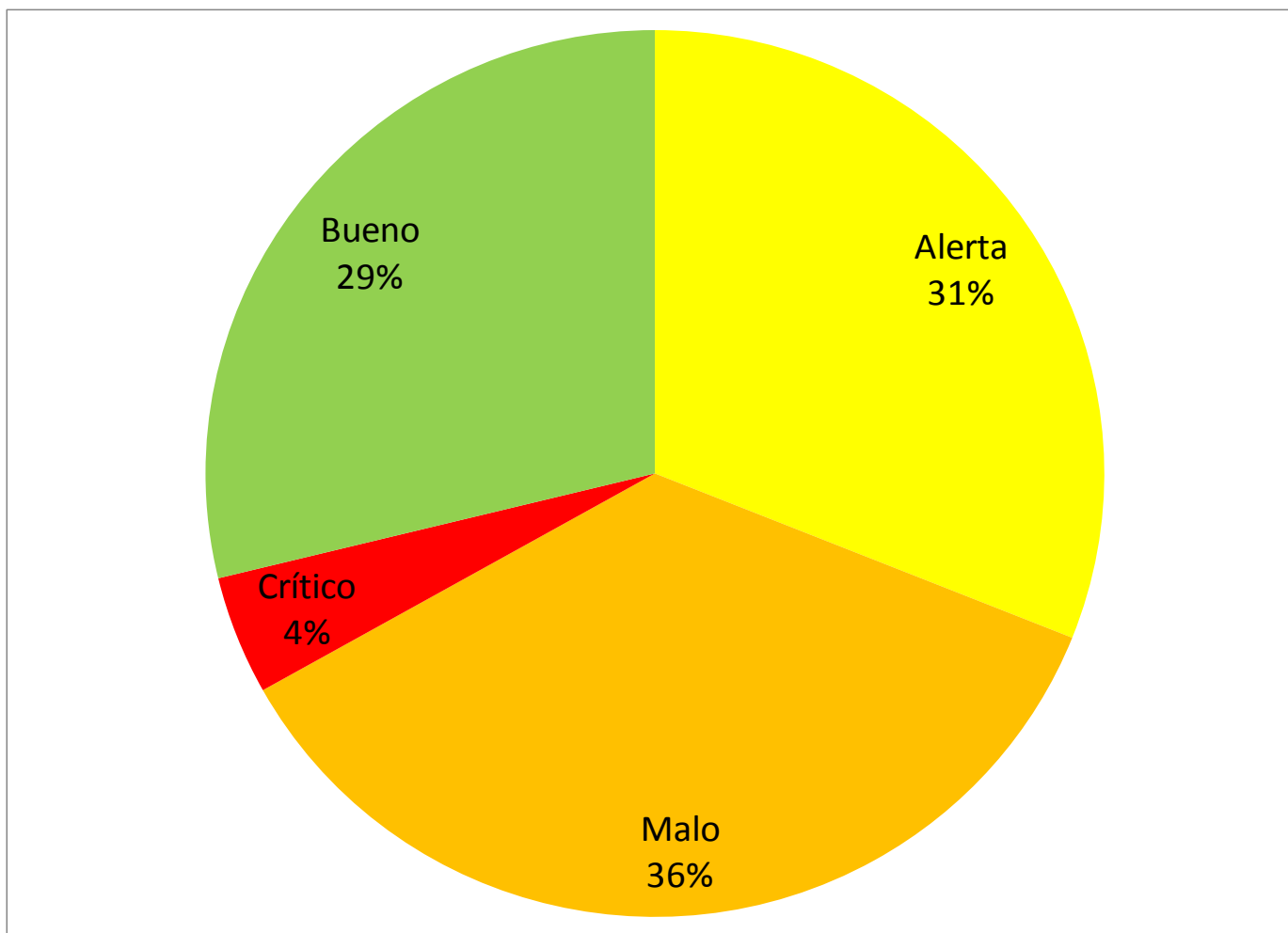


Gráfico no. 51: Representación del Coeficiente Microbiológico de las muestras tomadas para el jugo diluido del tándem B durante la zafra 2012-2013 en referencia a su clasificación

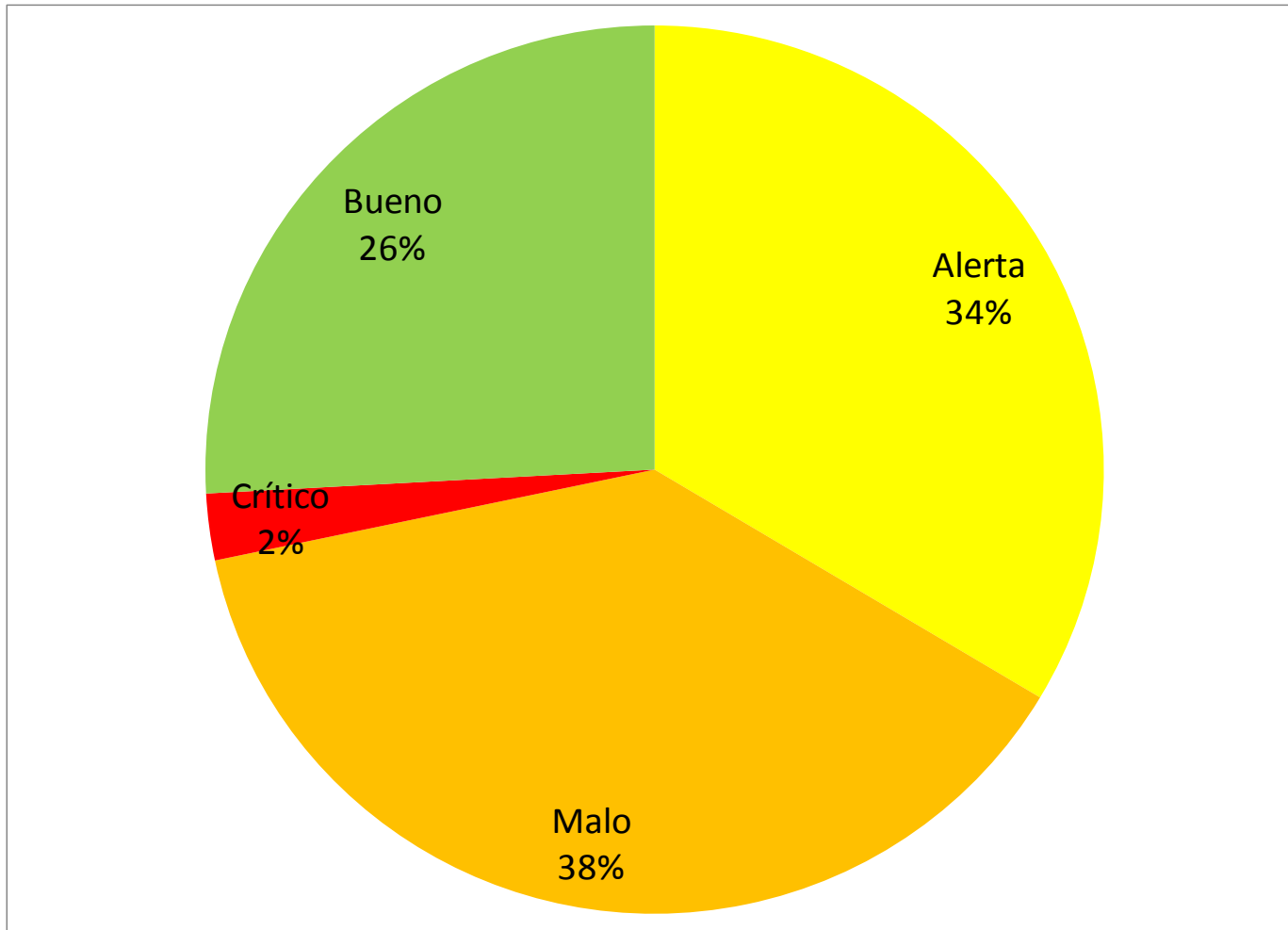


Gráfico no. 52: Coeficiente Microbiológico promedio e incremento del Coeficiente Microbiológico cada tres horas para las muestras de jugo primario y diluido de la zafra 2012-2013

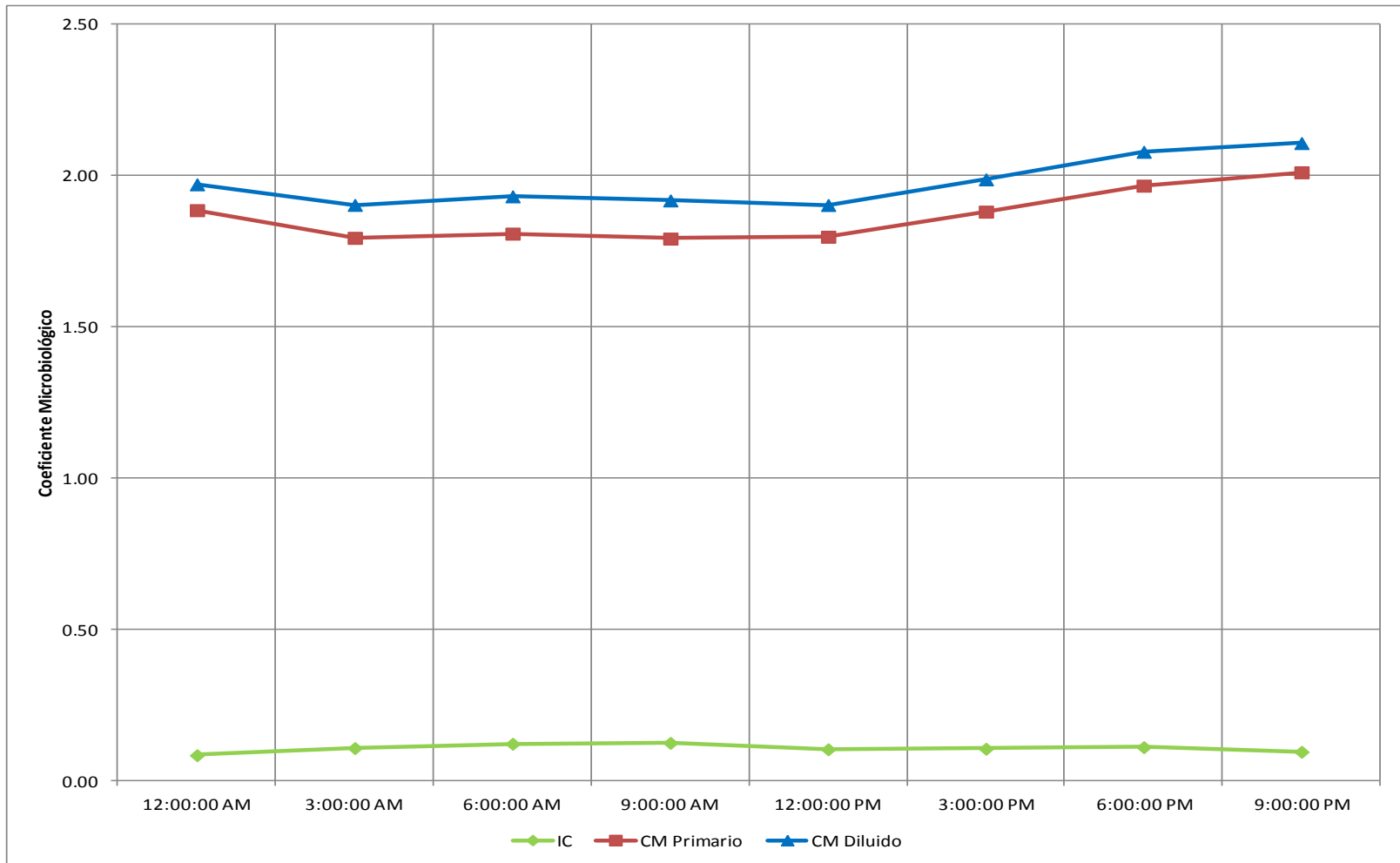


Gráfico no. 53: Coeficiente Microbiológico promedio e incremento del Coeficiente Microbiológico cada tres horas para las muestras de jugo primario y diluido del tándem A de la zafra 2012-2013

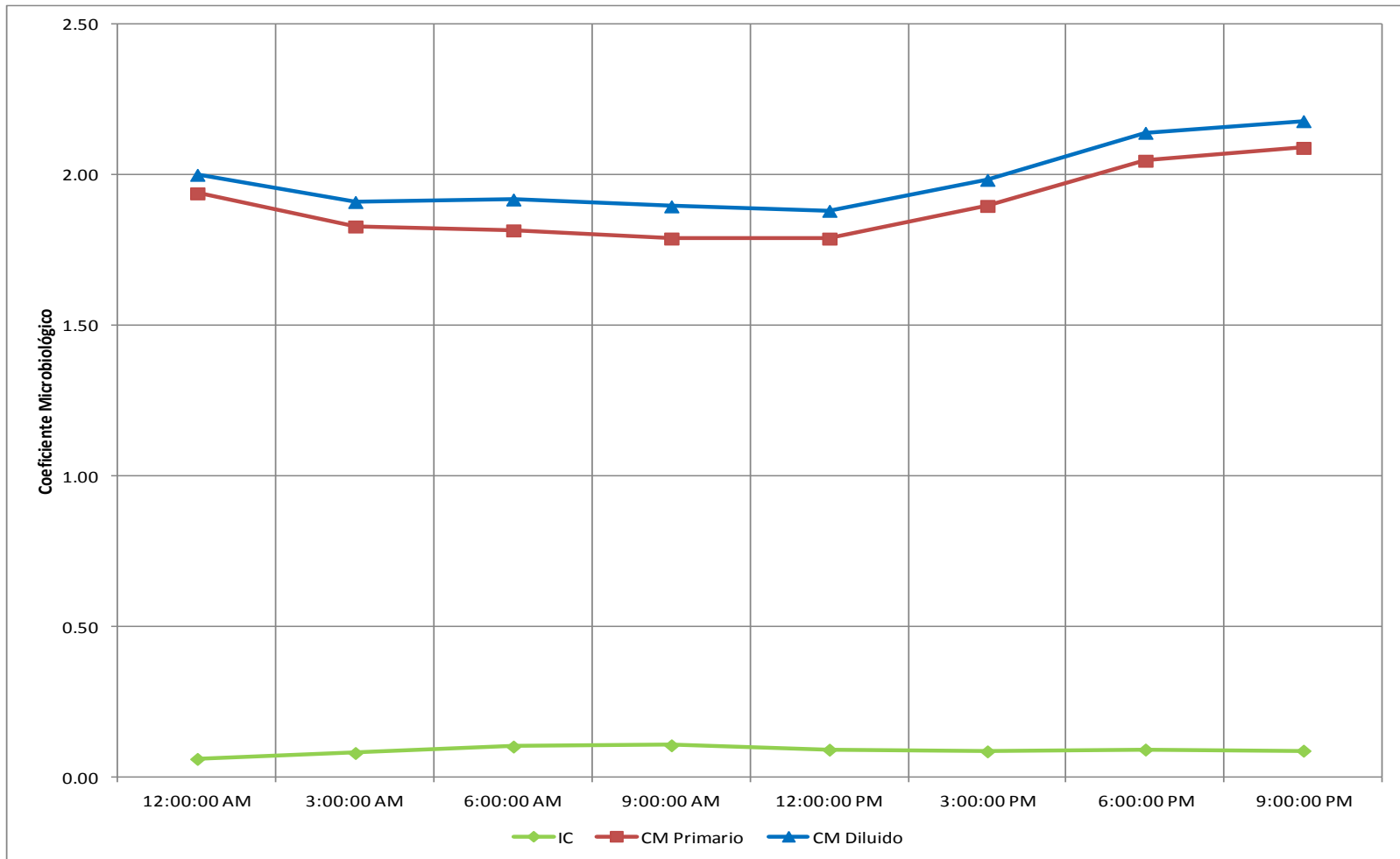


Gráfico no. 54: Coeficiente Microbiológico promedio e incremento del Coeficiente Microbiológico cada tres horas para las muestras de jugo primario y diluido del tándem B de la zafra 2012-2013

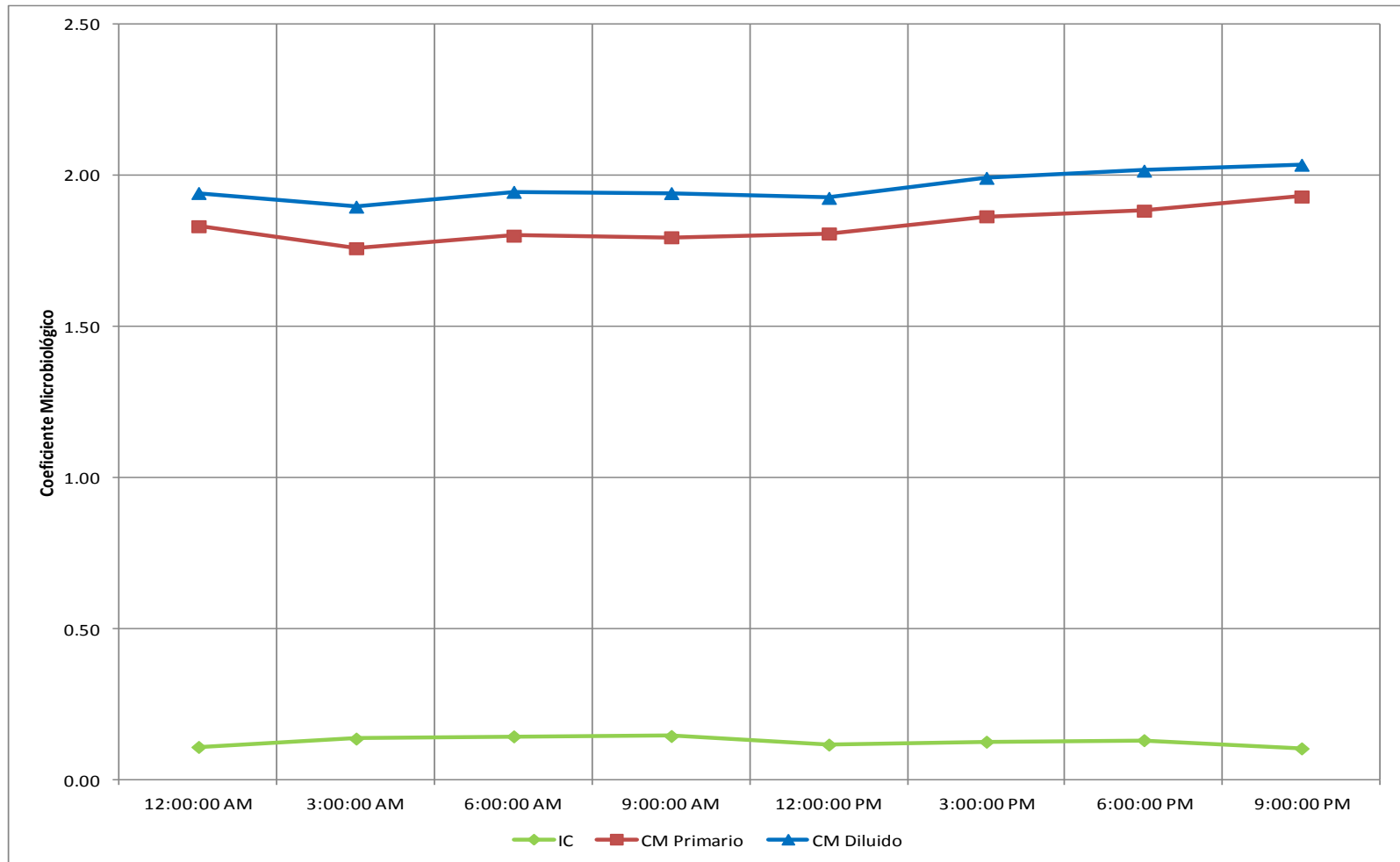


Gráfico no. 55: Comportamiento del Coeficiente Microbiológico promedio e incremento del Coeficiente Microbiológico diario para las muestras de jugo primario y diluido de la zafra 2012-2013

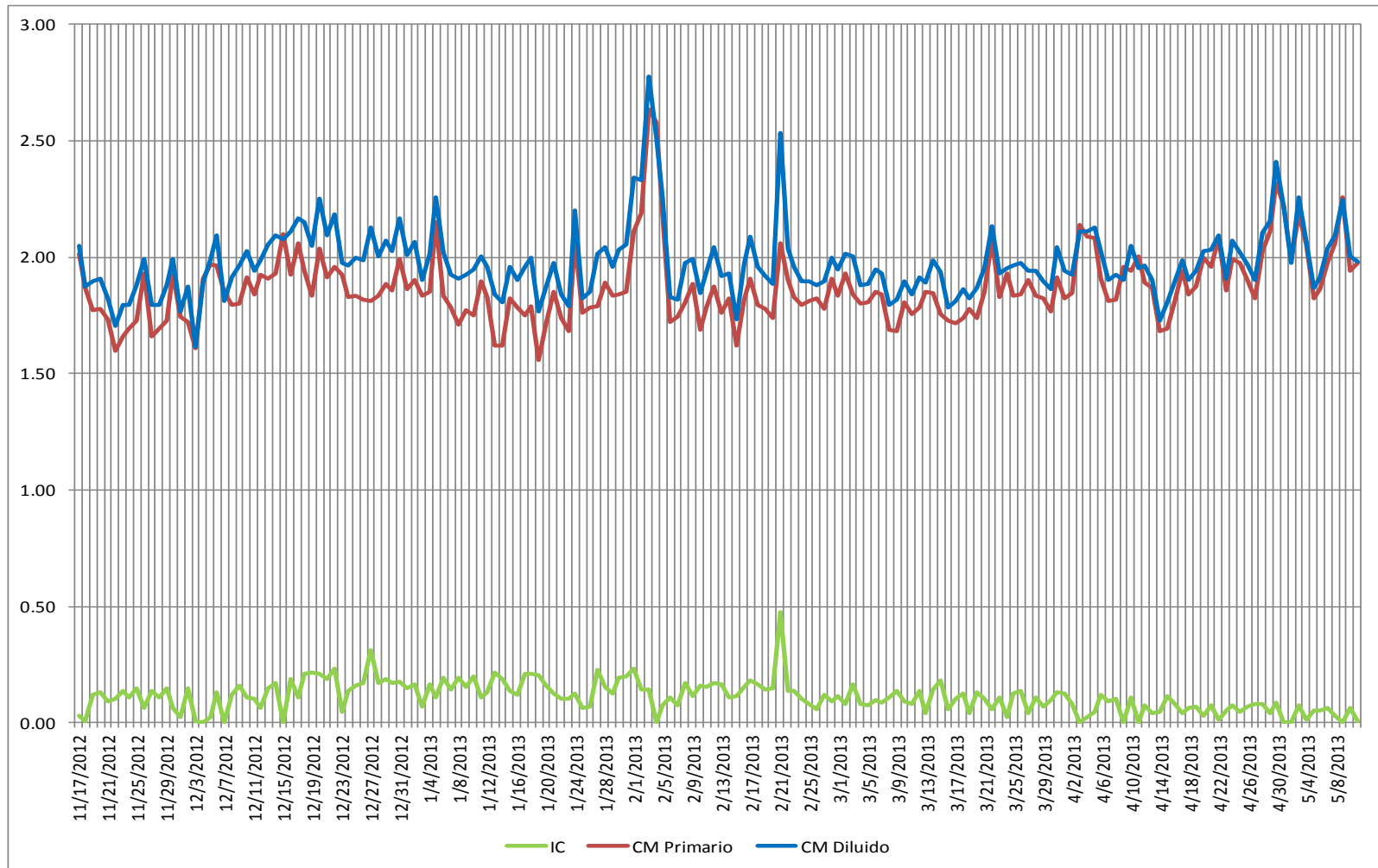


Gráfico no. 56: Comportamiento del Coeficiente Microbiológico promedio e incremento del Coeficiente Microbiológico diario para las muestras de jugo primario y diluido del tándem A de la zafra 2012-2013

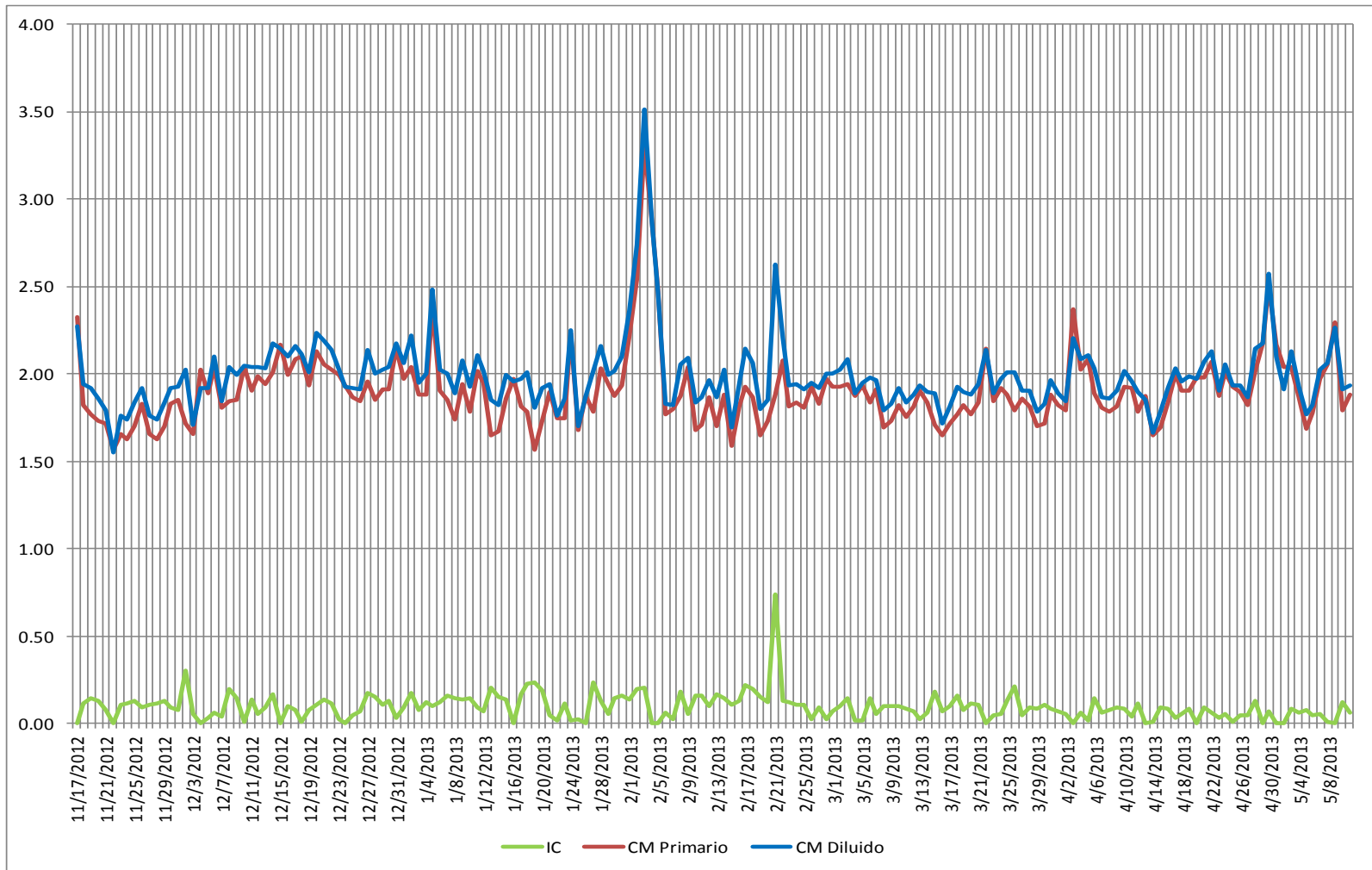


Gráfico no. 57: Comportamiento del Coeficiente Microbiológico promedio e incremento del Coeficiente Microbiológico diario para las muestras de jugo primario y diluido del tándem B de la zafra 2012-2013

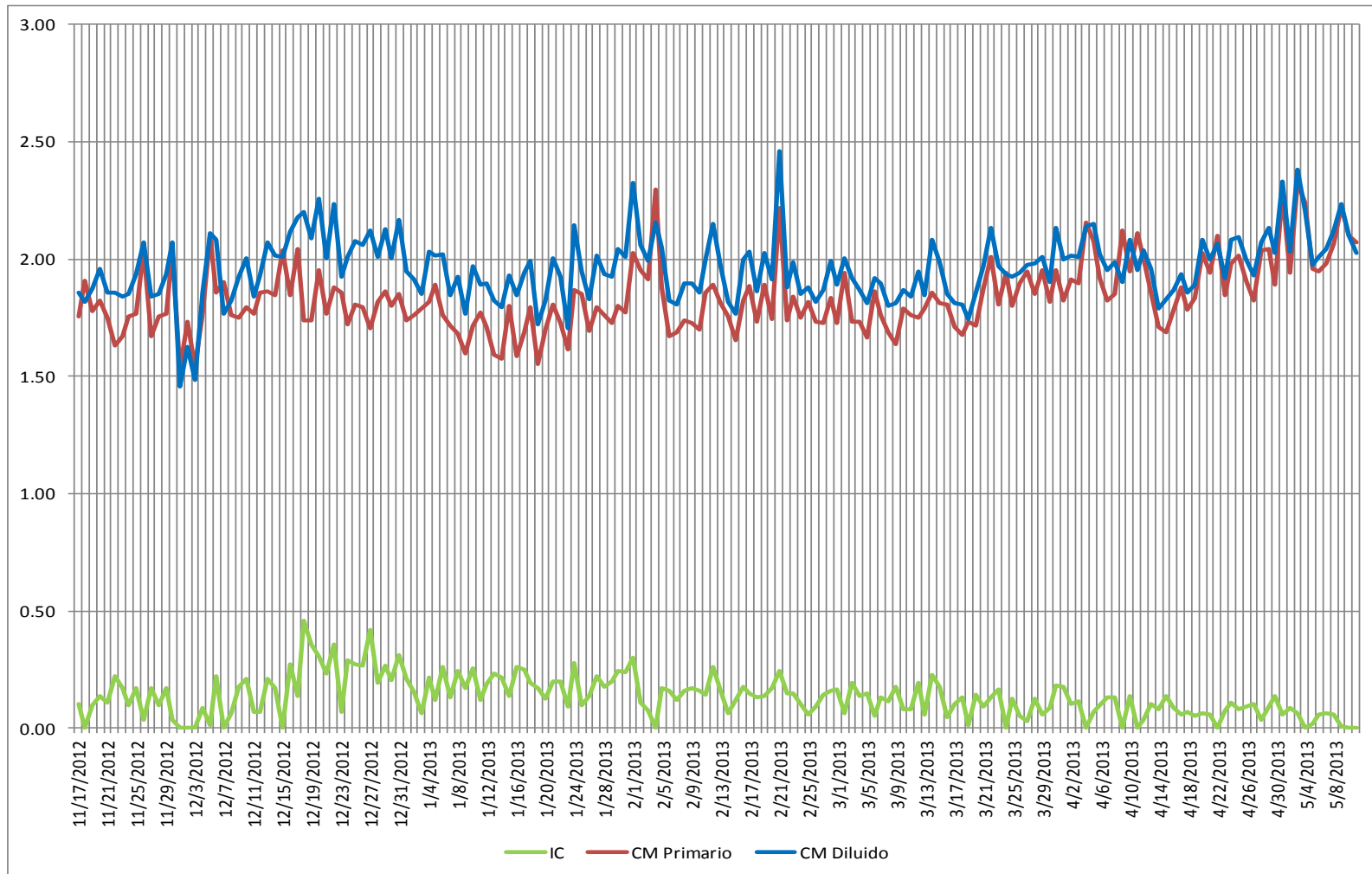


Gráfico no. 58: Representación del incremento del Coeficiente Microbiológico entre jugo primario y diluido durante la zafra 2012-2013 en referencia a su clasificación

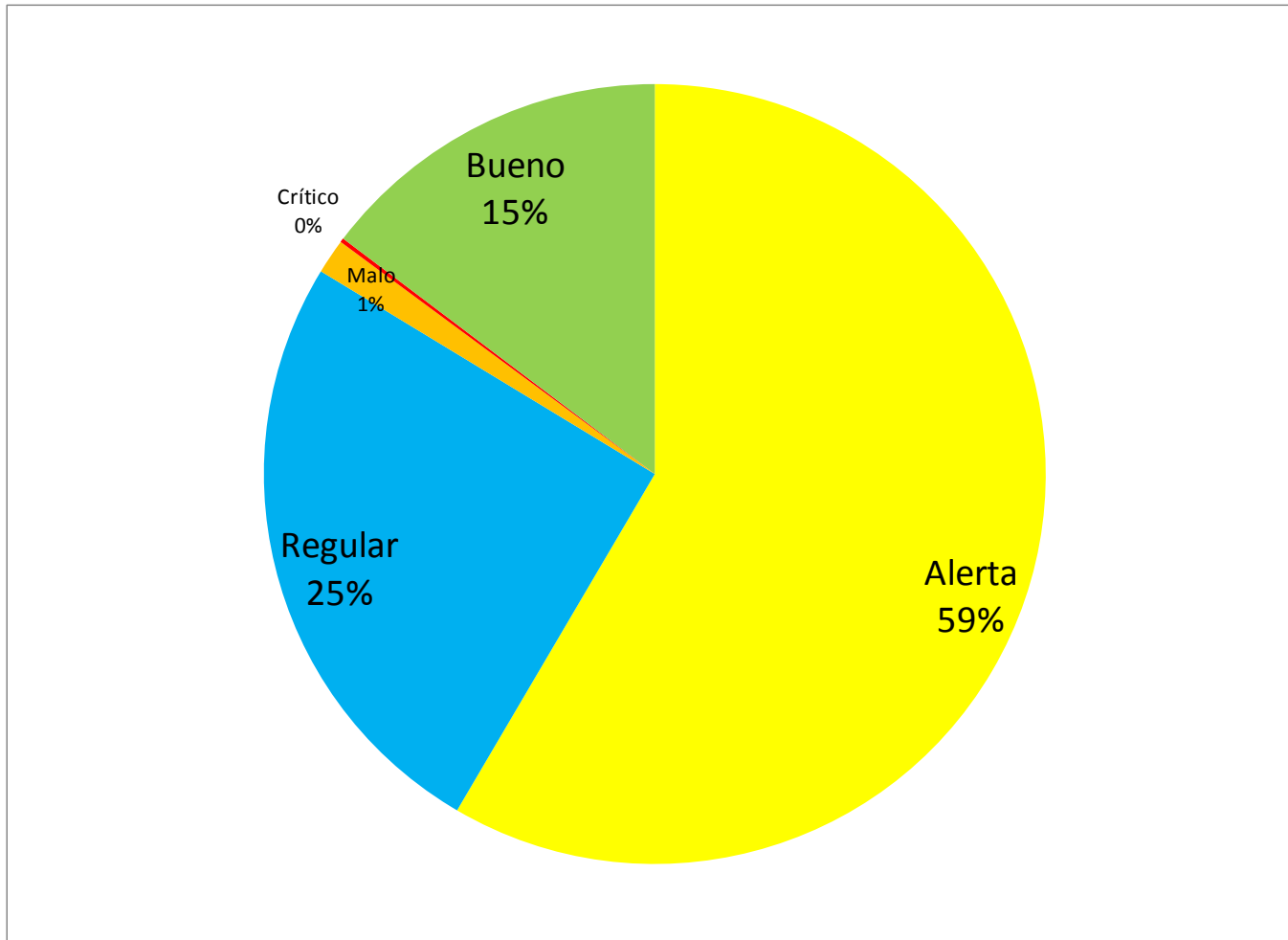


Gráfico no. 59: Representación del incremento del Coeficiente Microbiológico entre jugo primario y diluido del tándem A durante la zafra 2012-2013 en referencia a su clasificación

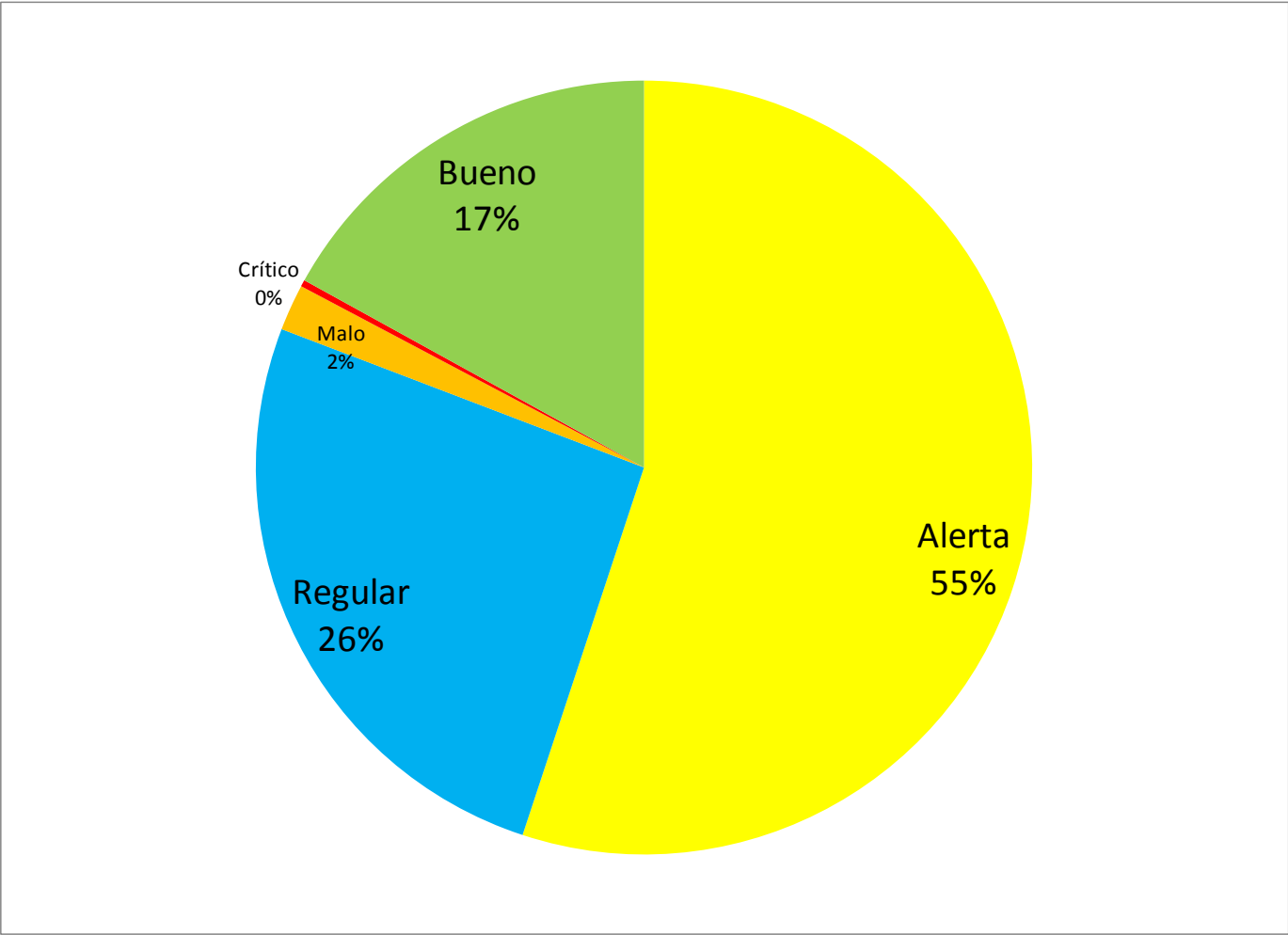
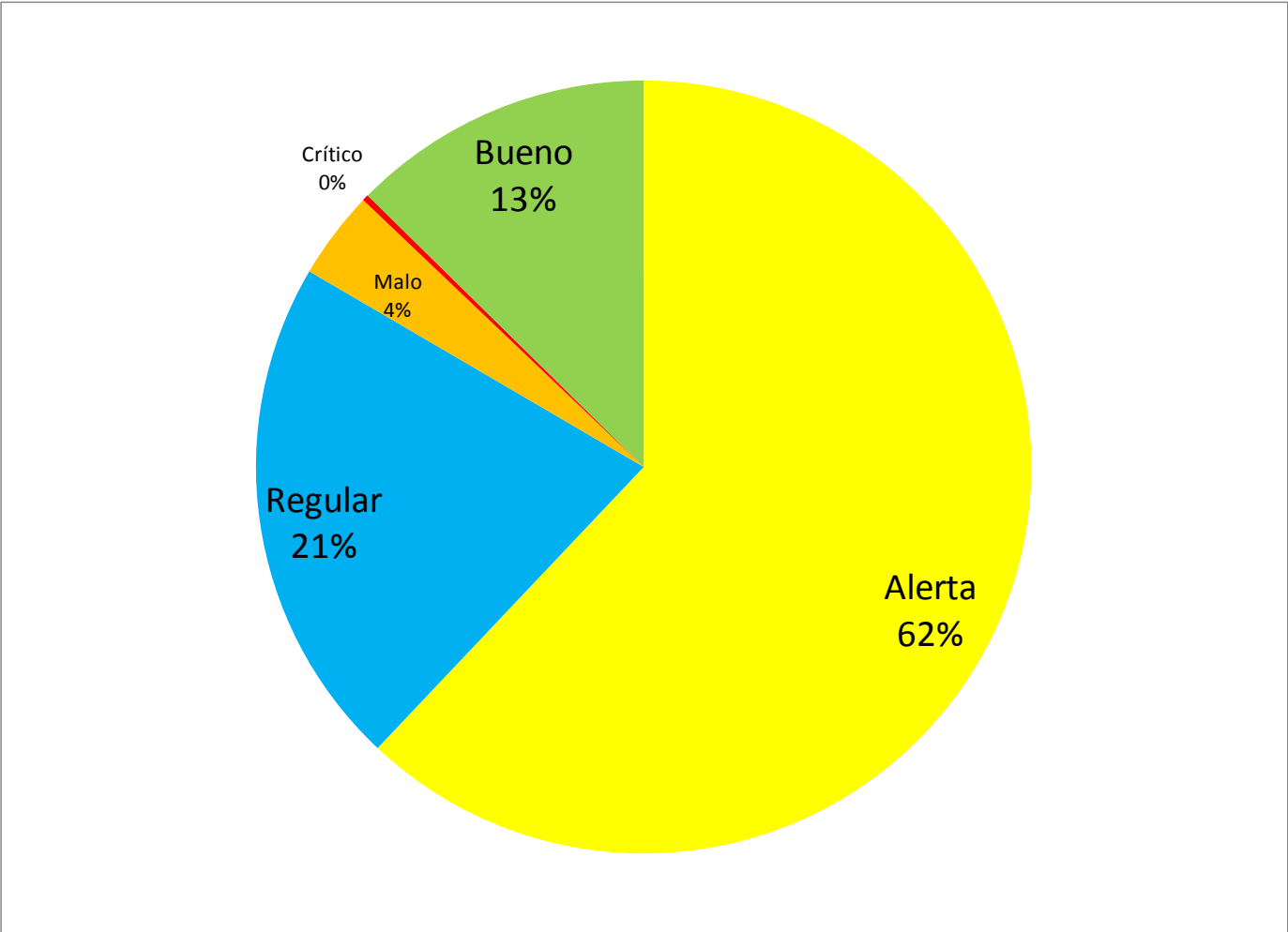
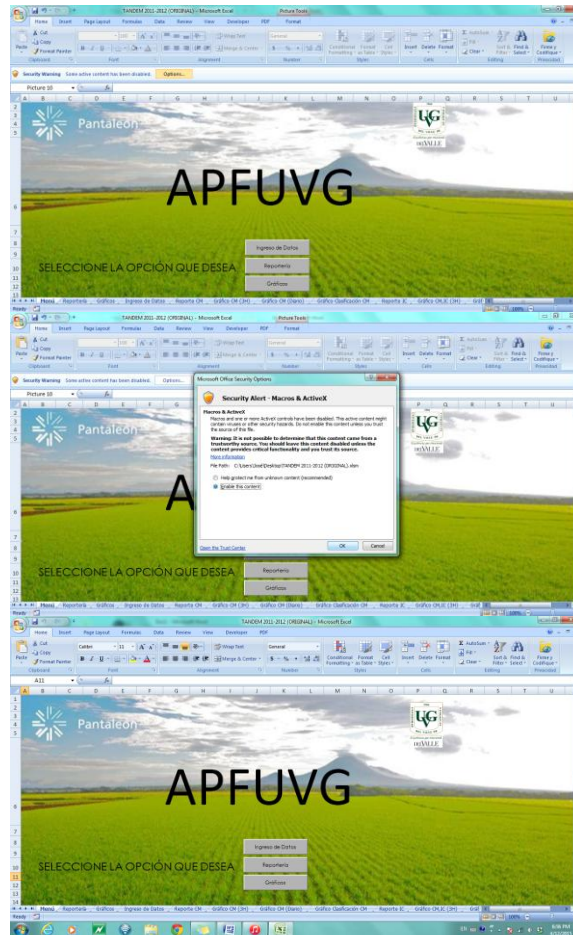


Gráfico no. 60: Representación del incremento del Coeficiente Microbiológico entre jugo primario y diluido del tándem B durante la zafra 2012-2013 en referencia a su clasificación



Manual de uso para la herramienta de análisis de datos



Menú principal

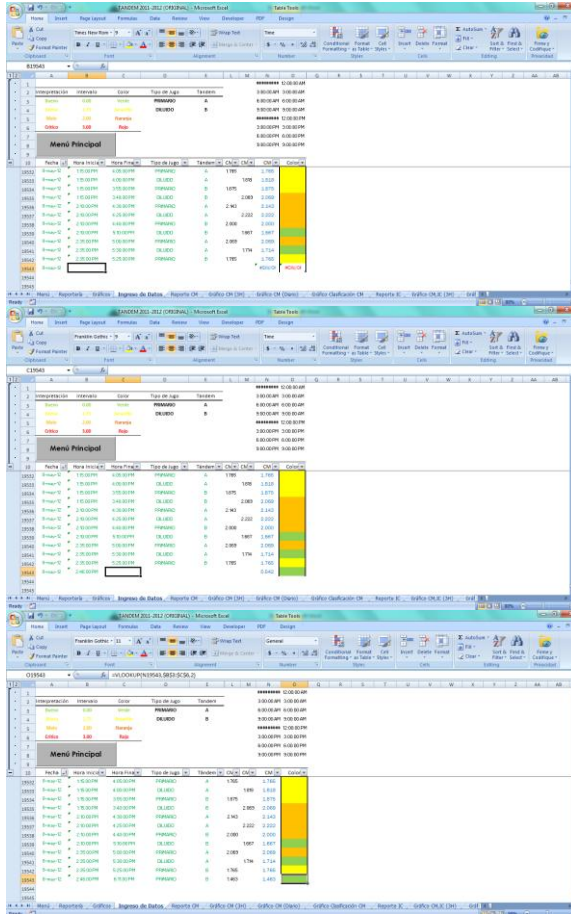
- Hacer clic en “Opciones”

Habilitar los macros

- Seleccionar “Habilitar el contenido”
- Hacer clic en Ok

Menú principal

- Hacer clic en la opción que desee
 - **Ingreso de datos**
 - Reportaría
 - Gráficos



Ingresar datos de la muestra recién tomada

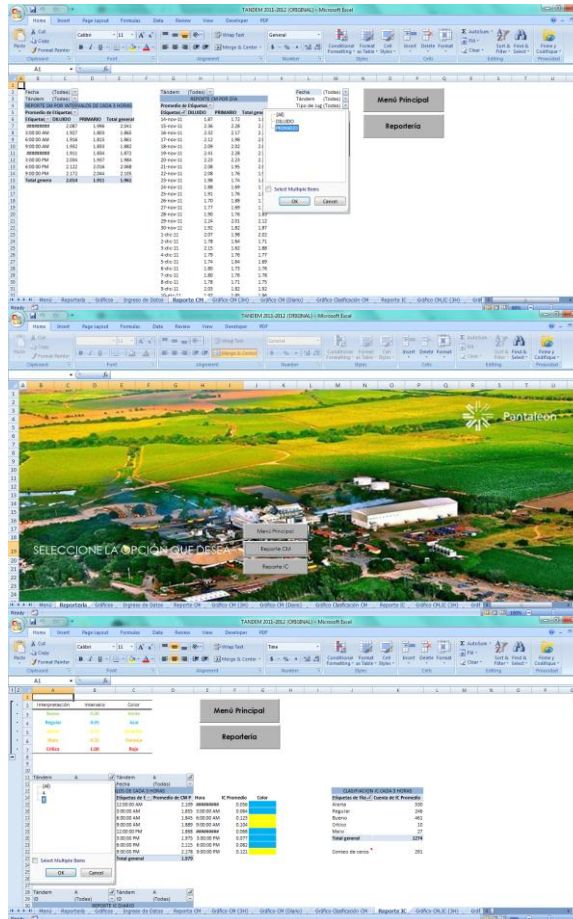
- Ingresar Fecha
- Ingresar Hora Inicial

Ingresar datos de la muestra a analizada con el test de rezarsurina

- Ingresar Hora Final
- Ingresar Tipo de Jugo
- Ingresar Tandem

Regresar a Menú principal

- Hacer clic en botón “Menú principal”



Reportería CM

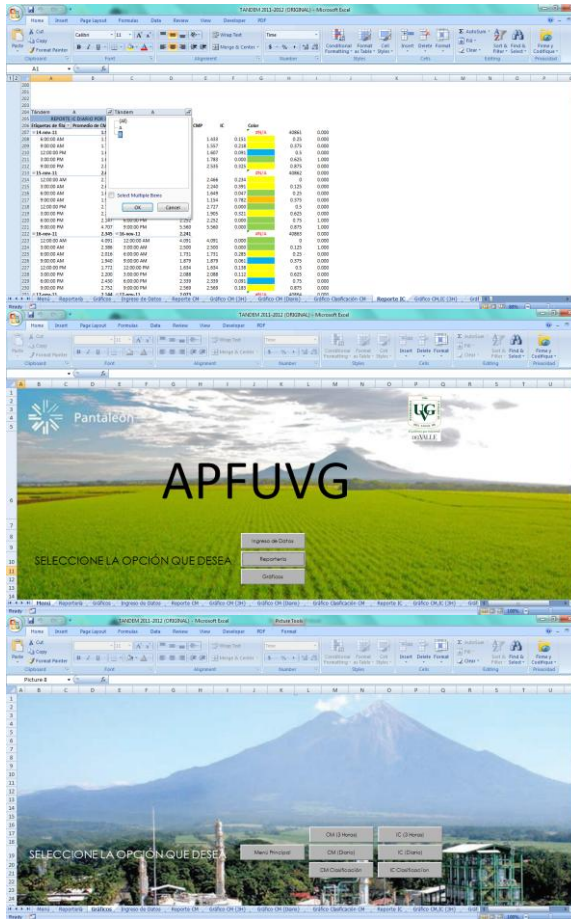
- Clasificación CM
 - Seleccionar el tipo de jugo.

Menú reportería

- Seleccionar la opción que desee
 - Reportería CM
 - **Reportería IC**

Reportería IC

- IC por intervalos cada tres horas
 - Seleccionar el tándem.



Reportería IC

- IC diario por intervalos cada tres horas
 - Seleccionar el tandem.

Menú principal

- Seleccione la opción que desee
 - Ingreso de datos
 - Reporteria
 - **Gráficos**

Menú gráficos

- Seleccione la opción deseada
 - CM (3 Horas, Diario, Clasificación)
 - IC (3 Horas, Diario, Clasificación)

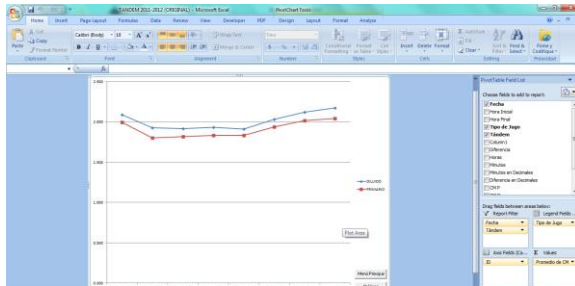


Gráfico CM cada tres horas

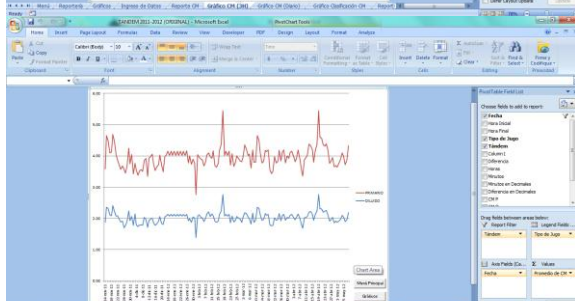


Gráfico CM diario

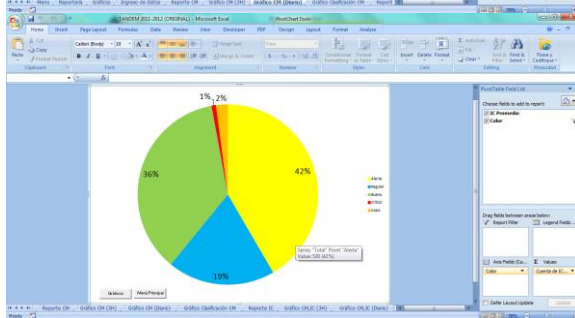


Gráfico IC según su clasificación