

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA
ESCUELA DE INGENIERIA QUIMICA



**ESTUDIO DE INGENIERÍA SOSTENIBLE PARA LA
PRODUCCIÓN DE AGUA ENVASADA ENRIQUECIDA CON
MICRONUTRIENTES COMO SUPLEMENTO ALIMENTICIO
PARA LAS POBLACIONES CON ANEMIA EN EL SALVADOR.**

PRESENTADO POR:

**RICARDO ERNESTO BELTRANENA MARTINEZ
CRISTIAN ANTONIO GONZALEZ CORNEJO
JOSE ISMAEL DE JESUS RAMOS VASQUEZ**

PARA OPTAR AL TITULO DE:

INGENIERO QUIMICO

CIUDAD UNIVERSITARIA, MARZO 2012.

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

RECTOR

:

ING. MARIO ROBERTO NIETO LOVO

SECRETARIA GENERAL

:

DRA. ANA LETICIA ZAVALA DE AMAYA

FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA

DECANO

:

ING. FRANCISCO ANTONIO ALARCÓN SANDOVAL

SECRETARIO

:

ING. JULIO ALBERTO PORTILLO

ESCUELA DE INGENIERIA QUIMICA

DIRECTOR

:

ING. TANIA TORRES RIVERA

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA
ESCUELA DE INGENIERIA QUIMICA

Trabajo de Graduación previo a la opción al Grado de:
INGENIERO QUIMICO

Título :

**ESTUDIO DE INGENIERÍA SOSTENIBLE PARA LA
PRODUCCIÓN DE AGUA ENVASADA ENRIQUECIDA
CON MICRONUTRIENTES COMO SUPLEMENTO
ALIMENTICIO PARA LAS POBLACIONES CON ANEMIA
EN EL SALVADOR.**

Presentado por :

**RICARDO ERNESTO BELTRANENA MARTINEZ
CRISTIAN ANTONIO GONZALEZ CORNEJO
JOSE ISMAEL DE JESUS RAMOS VASQUEZ**

Trabajo de Graduación Aprobado por :

Docentes Directores :

**ING. TANIA TORRES RIVERA
ING. MIGUEL FRANCISCO ARÉVALO MARTINEZ**

San Salvador, Marzo de 2012

Trabajo de Graduación Aprobado por:

Docentes Directores :

ING. TANIA TORRES RIVERA

ING. MIGUEL FRANCISCO ARÉVALO MARTINEZ

DEDICATORIA

Quiero agradecer por la finalización de este trabajo de graduación y de mi carrera universitaria al Único y Sabio DIOS, tres veces Santo, creador de todo y Padre de Jesucristo mi Salvador y SEÑOR. Las razones por las que quiero agradecerle a este DIOS tan maravilloso al menos en esta página las cito a continuación:

- Primero que todo por concederme la vida, la salud y la capacidad para finalizar esta importante etapa de mi vida como lo es mi carrera universitaria.
- Asimismo agradecerle por un padre excepcional quien me apoyo en todo sentido de principio a fin en mi carrera universitaria y por una hermana quien siempre con sus oraciones me apoyo para que pudiera seguir adelante.
- Por darme una madre que aunque ya se encuentra gozando en la presencia de mi SEÑOR Jesucristo, mientras estuvo con vida en esta tierra, siempre me animo a seguir estudiando y por sobre todo a buscar el propósito de DIOS en mi vida.
- Por permitirme el privilegio de estudiar en una gran universidad como lo es La Universidad de el Salvador.
- Por mis dos asesores de tesis Ing. Tania Torres Rivera e Ing. Miguel Francisco Arévalo, catedráticos de la Universidad de El Salvador quienes fueron guías no solo en este proceso final de la carrera sino en muchas instancias de esta y asimismo a nuestro asesor externo el Lic. Israel Ivanovich Funes quien fue de gran ayuda para llevar a cabo este proyecto.
- También agradezco a DIOS por la enorme oportunidad de trabajar de la mano en este trabajo de graduación con la Asociación Nacional de Acueductos y Alcantarillados (ANDA) y mas específicamente a las personas que utilizo para esto como son El Ing. Carlos Manuel Deras Barillas y Lic. Douglas Ernesto García quienes admiro como personas y profesionales y que espero que DIOS les siga bendiciendo grandemente.
- Agradezco a DIOS por todas las personas que conocí a lo largo de mi carrera, compañeros y amigos de la universidad que fueron de gran apoyo entre los cuales están mis compañeros de tesis Ismael Ramos y Cristian González como también muchos otros que fueron de gran bendición.
- Y por ultimo pero no menos importante agradezco a DIOS porque a lo largo de mi carrera tuve el apoyo de mis amigazos de toda la vida Oscar Morales, Jose Chicas, Christopher Cañas, Anthony Flores, Jairo Vigil, Enrique Acosta, Alfredo Stanley, Javier Artiga.

Quiero terminar esta página de agradecimientos con palabras del Salmista que creo encajan bien para esta ocasión:

*“La gloria, SEÑOR, no es para nosotros;
no es para nosotros sino para tu nombre,
por causa de tu amor y tu verdad.”*

Salmos 115:1

F. Ricardo Ernesto Beltranena Martínez

DEDICATORIA

Agradezco a Dios porque sin Él nada nada es posible, a la Virgen María la Madre buena que desde el Cielo a Cuidado mis pasos, a mi familia que me ha apoyado siempre, a mis dos compañeros Ismael y Ricardo que hemos estado en las buenas y en las malas en este trabajo, a Ruth Saravia y Flor a La Ing. Tania Torres, Ing. Cecilia de Flamenco, Ing. Delmy Rico, al Ing. Teodoro Ramírez, Ing. Eugenia Gamero y todos los profesores que en general han compartido su conocimiento a lo largo de la carrera.

Al personal de ANDA en especial al Ing. Carlos Deras por proponer un tema con sensibilidad social, al Lic. Douglas García, Lic. Israel Funes, al Ing. Donato Gil, Erika de López.

A mis compañeros que he tenido en la universidad José Miguel Fuentes, Rocío Quintanilla, Wendy Manzano, Margarita Paz Serrano, Laura Reyes, Silvana López, Edwin Alvarado, Oscar Mendoza, Karen Henríquez, Karen González, Wilfredo Velásquez, Irving, Oscar Sibrian, Iris Marisol Ortiz, Astrid Meléndez, Georgina Baires Hada Schente, Yasmín Handal, René Huevo, Jazmín Morán, Aura Canacas, Silvia Cornejo, Eugenio Hoyos a las personas del Ministerio de Salud que nos ayudaron con estadísticas e información y muchas personas que no las menciono pero que de una u otra forma se cruzaron en mi camino y me ayudaron para de alguna manera a terminar mi carrera.

F. Cristian Antonio González Cornejo

DEDICATORIA

Dedico este trabajo de graduación y mi carrera de Ingeniería Química, primeramente a Dios por su apoyo, protección, misericordia y las muchas bendiciones recibidas a los largo de todos estos años.

Agradezco a Dios por los padres que me dio, María Vázquez de Ramos y José Ismael Hernández, porque sin ellos jamás hubiera podido estudiar y haber alcanzado esta meta que es de gran satisfacción y alegría para ellos y de mucha bendición para mí.

Agradezco a Dios por mi familia, mis abuelos, mis hermanos Juan, Roxana y Jacqueline Ramos, a todos mis tíos y primos que en todo tiempo me animaron a seguir adelante a pesar de todas la dificultades que se presentaron.

Agradezco a Dios por los docentes que a lo largo de todos mis años estudios, no solamente en la Universidad si no también en el Colegio contribuyeron a formarme y forjar en mí una conciencia de responsabilidad sobre todo con lo que se realiza en esta única vida en beneficio de los demás.

Y agradezco también a Dios por poner en mi camino a personas que de una u otra manera ayudaron a concluir esta etapa de mi vida, entre ellos a los asesores de tesis, Inga. Tania Torres e Ing. Francisco Arévalo por su inmensa ayuda y apoyo, al Ing. Carlos Deras por proponer e incentivar y concientizar en nuestro grupo la importancia del proyecto, al Lic. García por su apoyo y comprensión para culminar esta trabajo, así como al Lic. Ivanovich Funes por su colaboración, a mis amigos y compañeros de trabajo Ricardo Beltranena y Cristian González por su inmensa ayuda en la elaboración de este trabajo.

Agradezco a Dios por todos los amigos que estuvieron conmigo a lo largo de todos estos años con quienes aun pasamos buenos momentos, otros que ya no pues se ha ido del país o ya no están en esta vida y con quienes participamos en las asociaciones estudiantiles, movimientos, eventos deportivos y sociales en la universidad y fuera de ella y estoy seguro de que cada uno de ellos sabe de quienes hablo sin necesidad de mencionarlos y por quienes fueron y son, un gran apoyo a mi vida en todas la cosas que logramos juntos aliviando todos los problemas por muy difíciles que fueran.

F. José Ismael de Jesús Ramos Vásquez

INDICE DE CONTENIDOS

INDICE DE CONTENIDOS.....	i
ÍNDICE DE FIGURAS.....	vi
ÍNDICE DE TABLAS.....	viii
RESUMEN.....	xi
INTRODUCCIÓN.....	xiii
OBJETIVOS GENERALES Y ESPECÍFICOS	xiv
OBJETIVO GENERAL.....	xiv
OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	xiv
MARCO TEÓRICO	1
1. TEORÍA SOBRE EL DISEÑO DE NUEVOS PRODUCTOS.....	2
1.1 CONCEPTO DE PRODUCTO.....	2
1.2 NUEVOS PRODUCTOS.....	2
1.3 OPORTUNIDADES EN EL MERCADO	4
1.4 CONCEPTUALIZACIÓN DEL PRODUCTO	5
1.5 IDENTIFICACIÓN DE LOS FACTORES DE CALIDAD DEL PRODUCTO	9
1.6 SELECCIÓN DE INGREDIENTES Y MICROESTRUCTURA DEL PRODUCTO	10
1.7 GENERACIÓN DE ALTERNATIVAS PARA EL PROCESO DE PRODUCCIÓN	12
1.8 CONSIDERACIÓN DE LOS REQUERIMIENTOS MEDIO AMBIENTALES EN EL DISEÑO DE PRODUCTOS.....	15
2. INGENIERÍA SOSTENIBLE Y PROCESO ROBUSTO.....	17
2.2 INGENIERÍA SOSTENIBLE.....	17
2.1.1 CONCEPTO GLOBAL DE DESARROLLO SOSTENIBLE	17
2.1.2 INGENIERÍA QUÍMICA SOSTENIBLE	18
2.1.3 LOS DOCE PRINCIPIOS DE LA QUÍMICA SOSTENIBLE.....	19
2.1.4 DESARROLLO SOSTENIBLE DE PRODUCTOS (DSP)	20
2.2 PROCESO ROBUSTO	22
2.2.1 DEFINICIÓN E HISTORIA DE PROCESO ROBUSTO.....	22
2.2.2 IMPORTANCIA DEL DISEÑO ROBUSTO.....	23
2.2.3 METODOLOGÍA DE DISEÑO ROBUSTO DE TAGUCHI.....	25

2.2.3.1	DIAGRAMA “P” DE TAGUCHI	25
2.2.3.2	ESQUEMA DE ACTIVIDADES EN UNA EMPRESA TAGUCHI.....	26
2.2.3.3	EL ENFOQUE DE TAGUCHI	27
3	GENERALIDADES SOBRE LA ANEMIA.....	29
3.1	DEFINICION DE ANEMIA.....	29
3.2	SINTOMAS, CAUSAS, TRATAMIENTOS Y CLASIFICACIÓN DE LA ANEMIA.....	29
3.2.1	SINTOMATOLOGÍAS DE LA ANEMIA	29
3.2.2	CAUSAS DE LA ANEMIA.....	30
3.2.3	TIPOLOGÍA DE LA ANEMIA	30
3.2.3.1	HEMORRAGIA.....	31
3.2.3.2	PRODUCCIÓN ESCASA DE GLÓBULOS ROJOS	32
3.2.3.3	DESTRUCCIÓN AUMENTADA DE LOS GLÓBULOS ROJOS.....	32
3.2.4	ANEMIA POR DEFICIENCIA DE HIERRO	33
3.2.4.1	DESARROLLO DE LA ANEMIA POR DEFICIENCIA DE HIERRO.....	34
3.2.4.2	SÍNTOMAS.....	34
3.2.4.3	DIAGNÓSTICO.....	35
3.2.5	TRATAMIENTO CONTRA LA ANEMIA SEGÚN SU TIPOLOGÍA.....	35
3.2.5.1	TRATAMIENTO EN CASO DE HEMORRAGIA.....	36
3.2.5.2	TRATAMIENTOS CUANDO HAY ESCASEZ DE GLOBULOS ROJOS (DEFICIENCIAS VITAMÍNICAS).....	36
3.2.5.3	DEFICIENCIA DESTRUCCIÓN AUMENTADA DE LOS GLÓBULOS ROJOS (EJEMPLO: DREPANOCITOSIS)	37
3.2.5.4	TRATAMIENTO EN CASO DE DEFICIENCIA DE HIERRO.....	37
3.3	ESTADÍSTICAS GENERALES SOBRE LA ANEMIA Y SU PREVALENCIA EN EL SALVADOR.....	38
3.3.1	PREVALENCIA DE LA ANEMIA EN EL MUNDO Y EN AMERICA LATINA	39
3.3.1.1	DATOS MUNDIALES.....	39
3.3.1.2	DATOS REGIONALES.....	41
3.3.2	ESTADÍSTICAS SOBRE LA ANEMIA EN EL SALVADOR	42
3.3.2.1	DATOS NACIONALES.....	43
4	IMPORTANCIA DEL HIERRO SOBRE LA SALUD	47
4.1	PROPIEDADES FÍSICAS Y QUÍMICAS DEL HIERRO	47
4.2	FUNCIONES DEL HIERRO EN EL CUERPO HUMANO.....	48

4.3 TIPO DE HIERRO ABSORBIDO POR EL CUERPO HUMANO	49
4.3.1 EL AGUA COMO PORTADOR DE HIERRO	50
4.4 COMPUESTOS DE HIERRO PARA LA FORTIFICACIÓN DE ALIMENTOS	51
4.4.1 COMPUESTOS DE HIERRO INORGÁNICO	51
4.4.1.1 SOLUBLES EN AGUA.....	51
4.4.1.2 POCO SOLUBLES EN AGUA/SOLUBLES EN SOLUCIONES ACIDAS	52
4.4.1.3 INSOLUBLES EN AGUA/POCO SOLUBLES EN SOLUCIONES ACIDAS	52
5 ESTUDIO EMPIRICO	54
5.1 CONCEPTUALIZACION DEL PRODUCTO "AGUA ENVASADA ENRIQUECIDA CON MICRONUTRIENTES"	55
5.2 IDENTIFICACION DE LOS FACTORES DE CALIDAD DEL PRODUCTO	55
5.3 EVALUACION DE LA CALIDAD ORGANOLEPTICA DE FORMULACIONES DE AGUA ENVASADA FORTIFICADA CON HIERRO.....	55
5.4 DISEÑO DEL EXPERIMENTO PARA EVALUAR LA CALIDAD ORGANOLEPTICA DE FORMULACIONES DE AGUA ENVASADA FORTIFICADA CON HIERRO.....	56
5.5 ANALISIS ESTADISTICO DE LOS RESULTADOS DE LA MEDICION DE LAS CARACTERISTICAS DE ACEPTABILIDAD SENSORIAL PARA LAS DIFERENTES COMBINACIONES DE INGREDIENTES.....	59
5.5.1 EVALUACION DE LA VIDA DE ANAQUEL DE LA FORMULACION ELEGIDA DE AGUA ENVASADA FORTIFICADA CON HIERRO	80
5.5.1.1 FACTORES Y VARIABLES RESPUESTAS.....	80
5.5.1.2 PROCEDIMIENTO PARA LOS ANÁLISIS MICROBIOLÓGICOS DE LA MUESTRAS DE AGUA ENRIQUECIDA	83
5.5.1.3 PROCEDIMIENTO PARA DETECCIÓN DE HIERRO EN ESTADO DE OXIDACIÓN II POR EL MÉTODO DE LA FENANTROLINA.....	87
5.5.1.4 RESULTADOS DE ANÁLISIS DE LABORATORIO MICROBIOLÓGICO Y SOBRE LA DETERMINACIÓN DEL HIERRO	91
5.5.1.5 ANÁLISIS DE RESULTADOS MICROBIOLÓGICOS Y DETERMINACIÓN DEL HIERRO	
93	
5.2.2.5 (A) ANALISIS MICROBIOLÓGICOS	94
5.2.2.5 (B) DETERMINACIÓN SULFATO FERROSO.....	96
5.2.2.5 (C) TIEMPO.....	98
6. DISEÑO DE UNA PLANTA PARA LA ELABORACIÓN DE UNA BEBIDA SABORIZADA Y FORTIFICADA CON HIERRO A PARTIR DE AGUA NATURALMENTE ENRIQUECIDA BAJO EL ENFOQUE DE INGENIERÍA SOSTENIBLE Y PROCESO ROBUSTO	99

6.1 DISEÑO DE PLANTA PARA LA PRODUCCIÓN DE UNA BEBIDA SABORIZADA ENRIQUECIDA CON HIERRO.....	100
6.1.5.1 RECEPCIÓN DEL AGUA PROVENIENTE DEL POZO CON ALTO CONTENIDO DE HIERRO	103
6.1.5.2 BOMBEO A LOS EQUIPOS DEL PROCESO DE FABRICACION	103
6.1.5.3 PASTEURIZACION.....	103
6.1.5.4 INYECCION DE COMPONENTES DE LA FORMULACION	103
6.1.5.5 BOMBEO FINAL.....	104
6.1.5.6 LLENADO.....	104
6.1.5.7 EMPACADO.....	104
6.1.6.1 LLENADORA AUTOMÁTICA	104
6.1.6.2 TAPONADORA	106
6.1.6.3 CADENA O BANDA TRANSPORTADORA.....	107
6.1.6.4 TÚNEL DE CALOR O DE TERMOENCOGIMIENTO.....	107
6.1.6.5 TANQUES DE ACERO INOXIDABLE.....	108
6.1.6.6 PASTEURIZADOR.....	109
6.1.6.7 COMPRESOR.....	110
6.1.7 DISTRIBUCION EN PLANTA.....	110
6.1.8 ORGANIZACIÓN DEL RECURSO HUMANO	112
6.1.9 IMPLEMENTACIÓN BUENAS PRÁCTICAS DE MANUFACTURA	113
6.1.9.1 INDICADORES DE EVALUACIÓN.....	113
6.1.9.2 PROGRAMA DE BUENAS PRÁCTICAS OPERATIVAS.....	113
6.1.9.3 LISTADO DEL TIPO DE SUSTANCIAS QUÍMICAS A UTILIZAR EN LA PLANTA....	114
6.1.9.4 REQUERMIENTOS DE LABORATORIO DE CALIDAD	115
6.1.9.5 DISPOSICIÓN DE DESECHOS.....	118
7. CONCLUSIONES	119
8. RECOMENDACIONES	121
9. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	122
10. ANEXOS.....	126
ANEXOS A.....	127
ARTÍCULO SOBRE AGUA POTABLE COMO UN PORTADOR DE HIERRO PARA CONTROLAR LA ANEMIA EN NIÑOS DE EDAD PREESCOLAR EN UNA GUARDERÍA.....	127
ANEXOS B.....	132

DETERMINACIÓN DEL HIERRO POR EL MÉTODO DE LA FENANTROLINA DE ACUERDO AL MANUAL DE LA APHA EDICIÓN XXI.....	132
ANEXOS C.....	136
HOJASTÉCNICAS DE LOS INGREDIENTES PROPUESTOS PARA LA ELABORACIÓN DE LA BEBIDA AGUA ENVASADA ENRIQUECIDA CON MICRONUTRIENTES COMO SUPLEMENTO ALIMENTICIO.....	136

ÍNDICE DE FIGURAS

Capítulo 1

Figura 1-1. Procedimiento sistemático para el desarrollo de productos químicos (Fuente: Devia, 2007)	16
--	----

Capítulo 2

Figura 2-1. Esquema de interrelaciones del desarrollo sostenible. (Fuente: Martínez, 2008).	18
Figura 2-2. Diagrama P, enfoque del proceso robusto. (Fuente: Pérez, 2005).....	25
Figura 2-3. Esquema de actividades de una empresa desde la invención del producto hasta su llegada al mercado. Fuente: Adaptado de Ealey (1992).....	26
Figura 2-4. Etapas en el diseño de un producto o de un proceso Robusto.....	28

Capítulo 3

Figura 3-1. Causas de la Anemia. (Fuente: Merck; 2005)	30
Figura 3-2. Desarrollo de la Anemia por deficiencia de hierro. (MERCK, 2005)	34
Figura 3-2. Número en millones de personas afectadas en diferentes grupos de ciudadanos. (WHO, 2008).	40
Figura 3-4. Prevalencia de Anemia en niñas y niños < 5 años. (OMS, 2008).....	41
Figura 3-5. Prevalencia de Anemia en mujeres embarazadas. (OMS, 2008)	41
Figura 3-6. Prevalencia de Anemia en mujeres en edad fértil. (OMS, 2008)	42
Figura 3-7. Tendencia de la anemia en niños(as) de 12 a 59 meses, por área de residencia. (FESAL, 2008).....	44
Figura 3-8. Prevalencia de anemia en niños(as) de 12 a 59 meses de edad, por edad a la toma de muestra. (FESAL, 2008).....	44

Capítulo 5

Figura 5-1. Comparación de promedios de respuesta para la calidad sensorial general	76
Figura 5-2. Comparación de promedios de respuesta para el sabor	76
Figura 5-3. Comparación de promedios de respuesta para la apariencia.....	77
Figura 5-4. Comparación de promedios de respuesta para la sensación bucal.....	77
Figura 5-5. Comparación de promedios de respuesta para la dulzura.....	77
Figura 5-6. Distribución general de las características sensoriales en las dieciocho muestras.	78
Figura 5-7. Flujograma determinación de hierro.	90
Figura 5-8. Curva de calibración para determinación de hierro.....	91

Capítulo 6

Figura 6-1. Diagrama del proceso de elaboración de agua envasada fortificada con hierro ..	102
Figura 6-2. Equipo de llenado del producto.	105
Figura 6-3. Taponadora.....	106
Figura 6- 4. Banda transportadora.....	107
Figura 6-5. Túnel de calor o de termoencogimiento.....	108
Figura 6-6. Tanque de mezclado.....	108
Figura 6-7. Tanque de mezclado.....	109
Figura 6-8. Compresor de aire	110
Figura 6-9. Planta de producción Fuente: Autoría propi.....	111
Figura 6-10. Cabina De flujo Alminar vertical	115
Figura 6-11. Estufas.....	116
Figura 6-12. Refrigeradoras profesionales	116
Figura 6-13. Mesas de acero Inoxidable	116
Figura 6-14. Balanza Analítica	117
Figura 6-15. Espectrofotómetro	117
Figura 6-17. Equipo de Medidor de PH, conductividad y Sólidos disueltos totales.....	117

ÍNDICE DE TABLAS

Capítulo 1

Tabla 1-1. Técnicas eficientes para la selección de materias primas	11
Tabla 1-2. Aproximaciones para relacionar el desempeño del producto con sus ingredientes.	12

Capítulo 3

Tabla 3-1. Porcentaje de personas afectadas por anemia a nivel mundial.....	39
Tabla 3-2. Grupos poblacionales afectados por anemia.....	39
Tabla 3-3. Anemia en preescolares, embarazadas y mujeres en edad fértil.....	40
Tabla 3-4. Clasificación de la anemia según prevalencia en cada país.....	42
Tabla 3-5. Tendencias de la prevalencia de anemia en la población menor de 5 años, según características seleccionadas: Niños(as) de 12 a 59 meses de edad.	45
Tabla 3-6. Tendencias de la prevalencia de anemia, según área de residencia y nivel educativo: Mujeres en edad fértil madres de niños(as) menores de 5 años de edad.	46
Tabla 3-7. Prevalencia de anemia, según meses de embarazo: Mujeres de 15 a 49 años de edad actualmente embarazadas.	46

Capítulo 4

Tabla 4-1. Propiedades físicas y químicas del Hierro.....	47
Tabla 4-2. Características de los compuestos de hierro usados para la fortificación de alimentos.....	53

Capítulo 5

Tabla 5-1. Ingredientes del “agua envasada fortificada con hierro” y rangos de variación de la composición porcentual en el alimento.....	56
Tabla 5-2. Combinaciones de composición fraccional de los Ingredientes del “agua envasada fortificada con hierro” para el diseño de mezclas.....	57
Tabla 5-3. Resumen de resultados de la evaluación sensorial de las dieciocho muestras de agua envasada Fortificada con hierro.....	60
Tabla 5-4. Análisis estadístico para la característica “Calidad Sensorial General”	61
Tabla 5-5. Análisis estadístico para la característica “Calidad Sensorial General”	62
Tabla 5- 6. Análisis estadístico para la característica “Dulzura”	64
Tabla 5- 7. Análisis estadístico para la característica “Dulzura”	65
Tabla 5- 8. Análisis estadístico para la característica “Apariencia”	67
Tabla 5-9. Análisis estadístico para la característica “Apariencia”	68
Tabla 5- 10. Análisis estadístico para la característica “Sabor”	70
Tabla 5- 11. Análisis estadístico para la característica “Sabor”	71
Tabla 5- 12. Análisis estadístico para la característica “Sensación Bucal”	73
Tabla 5- 13. Análisis estadístico para la característica “Sensación Bucal”	74
Tabla 5- 14. Composiciones óptimas de los ingredientes para las características: Calidad Sensorial, Sabor, Dulzura, Apariencia y Sensación bucal (estimación para $\alpha = 0.05$).....	79
Tabla 5-15. Formulación base la bebida.....	80
Tabla 5- 16. Tabla de factores y variables respuestas.....	81
Tabla 5- 17. Tabla de condiciones ambientales a las que se someterán las bebidas enriquecidas con hierro.	81
Tabla 5- 18. Tabla de condiciones para cada tiempo.....	82
Tabla 5-19. Combinaciones de la condiciones para la evaluación de estabilidad del producto.....	82
Tabla 5- 20. Criterios microbiológicos para las bebidas no carbonatadas sin alcohol del tipo 2.	84
Tabla 5- 21. Listado de material y equipo a utilizar en los análisis microbiológicos para recuento total de bacterias.....	85
Tabla 5- 22. Valores de curva de calibración.....	89
Tabla 5- 23. Tabla de resultados de las variables respuestas.	92
Tabla 5- 24. Análisis de varianza para la semana 1	94

Tabla 5- 25. Análisis de varianza para la semana 2	94
Tabla 5- 26. Análisis de varianza para la semana 3	94
Tabla 5- 27. Análisis de varianza para la semana 4.	95
Tabla 5- 28. Análisis de varianza para la semana 5.	95
Tabla 5- 29. Análisis de varianza para la semana 6.	95
Tabla 5- 30. Análisis de varianza para la semana 1.	96
Tabla 5- 31. Análisis de varianza para la semana 2.	96
Tabla 5- 32. Análisis de varianza para la semana 3.	96
Tabla 5- 33. Análisis de varianza de la semana 4.	97
Tabla 5- 34. Análisis de varianza de la semana 5.	97
Tabla 5- 35. Análisis de varianza de la semana 6.	97
Tabla 5- 36. Efectos significativos del factor tiempo sobre la concentración de hierro.	98

Capítulo 6

Tabla 6-1. Empleados administrativos	112
Tabla 6-2. Personal de producción	112
Tabla 6-3. Técnico de mantenimiento.	112
Tabla 6- 4. Listado de sustancia químicas utilizadas en la planta de producción.	114

RESUMEN

El diseño de nuevos productos es un amplio concepto que involucra muchas ramas disciplinarias y dependiendo de la naturaleza del nuevo producto a diseñar, son requeridos también determinados conocimientos técnicos, para de esta forma poder satisfacer las necesidades y expectativas que este producto pretende satisfacer.

Por siglos, una enfermedad como lo es la anemia ha sido un problema para la humanidad, esta consiste en una alteración de la composición sanguínea, determinada por una disminución de la que condiciona una concentración baja de hemoglobina y a pesar de los grandes esfuerzos por la erradicación de esta enfermedad, aun sigue siendo un problema de salud pública a nivel mundial.

La principal causa de la anemia es la deficiencia de hierro en la sangre, por lo que la forma más común de combatirla ha sido la fortificación de alimentos de consumo cotidiano con hierro, sin embargo siempre hay problemas con los alimentos a fortificar por las posibles reacciones y formación de compuestos no deseados al interactuar químicamente el hierro con los alimentos. Sin embargo aunque es una posibilidad poco estudiada actualmente, se ha considerado en algunos estudios la posible utilización del agua como alimento portador del hierro, no solo por la poca reactividad que esta podría presentar con el elemento sino por ser un alimento de obligado consumo universal.

Los mayores problemas de esta alternativa residen en el hecho de la estabilización del hierro en la matriz de agua en una forma que el cuerpo humano pueda absorber Fe^{+2} , así como el enmascaramiento del sabor que el hierro aporta al agua.

El uso de un acidulante para llevar a un pH adecuado al agua es una posibilidad para mantener el hierro en su estado Fe^{+2} y el uso de un saborizantes y edulcorantes ambos en las mínimas proporciones posibles son las soluciones planteadas para poder utilizar el agua como portador del hierro y por ende como posible alimento que contribuya a paliar la anemia.

Para poder lograr esto de forma óptima, se necesita evaluar también si la formulación es estable en el tiempo en sus factores más importantes como lo son la parte microbiológica y la verificación de la estabilidad del hierro en su forma Fe^{+2} en el tiempo, siendo la primera realizada por un procedimiento de laboratorio conocido como recuento en placa y la

segunda con el que es conocido como “Determinación de hierro por el método de la fenantrolina” y una vez evaluada la factibilidad de estos aspectos se plantea la posibilidad de la producción a escala industrial, respetando políticas de calidad total tanto en el proceso, producto final y diseño de las instalaciones y tal como las nuevas tendencias marcan, se debe respetar siempre la parte ambiental en el diseño de un proceso a escala industrial, usando los recursos de forma óptima y con una correcta disposición de desechos.

INTRODUCCIÓN

Uno de los paradigmas de mayor actualidad en el campo de la Ingeniería Química es el interés por abordar el desarrollo sostenible con un enfoque sistemático y estructurado. Este paradigma, tiene una base cambiante, y consiste en una nueva manera para establecer cuáles son los problemas más importantes y los mecanismos de solución de los mismos, que deben estudiarse y que están fundamentados en la búsqueda de la competitividad de los sectores productivos, la seguridad y en la protección de la salud y el medio ambiente. El diseño y desarrollo de productos y procesos que integre coherentemente los enfoques de cadena de valor, la ingeniería sostenible y la ingeniería de la calidad puede considerarse como un mecanismo estructural para la solución de los problemas relacionados con el desarrollo sostenible de la sociedad.

En base a lo anterior, este proyecto consiste en el diseño y desarrollo de un producto, así como del proceso de producción del mismo que se enmarque dentro del paradigma de desarrollo sostenible.

El producto y proceso a diseñar y desarrollar será una bebida saborizada enriquecida con hierro.

Es importante mencionar que el diseño y desarrollo del producto y el proceso se hará bajo el enfoque de producto y proceso robusto, es decir, bajo el concepto que tanto el producto y el proceso deben funcionar bien, aunque existan factores de distorsión, como variaciones en los parámetros, cambios ambientales, condiciones de funcionamiento, variaciones en la fabricación y materiales, entre otros.

OBJETIVOS GENERALES Y ESPECÍFICOS

Objetivo General

1. Diseñar un producto de agua envasada enriquecida con hierro y el proceso de producción del mismo con el enfoque de ingeniería sostenible y de proceso robusto, como alternativa de un suplemento alimenticio para contribuir a la reducción de la desnutrición de la población afectada por anemia en El Salvador.

Objetivos Específicos

1. Formular el producto basado en las necesidades nutricionales de la población estudiantil a la cual estará dirigida y en su aceptabilidad organoléptica en dicha población.
2. Diseñar la planta para la elaboración del producto anteriormente mencionado, con el enfoque de ingeniería sostenible y de proceso robusto.
3. Realizar una investigación exploratoria – bibliográfica sobre los requerimientos legales, técnicos y económicos para el montaje de la planta.
4. Realizar una investigación exploratoria – bibliográfica sobre la hidrogeología de la zona en donde se ubicará el proyecto.

MARCO TEÓRICO

En el presente marco teórico se aborda la problemática tratada en este trabajo de investigación desde un punto de vista que busca dar a conocer al lector su importancia y significado y a su vez fundamentar las bases principales para las etapas posteriores del estudio.

Siendo un proyecto de interés social, debido al delicado y actual tema que esta tesis aborda como directriz principal de estudio, también aquí se aborda una metodología que puede ser utilizada para aprovechar un recurso con el que cuenta nuestro territorio gracias a sus condiciones geológicas e hidrogeológicas, lo que en realidad actualmente es visualizado como un problema en ciertas partes a la hora de tratar el agua para su potabilización.

Dicho lo anterior el marco teórico de esta investigación se desarrolla de la siguiente manera: en el primer capítulo se aborda una metodología de desarrollo de nuevos productos la cual servirá como base para elaborar una nueva alternativa para ayudar a que más personas tengan acceso a una opción nueva y diferente para tratar el importante tema de salud de la anemia.

En el segundo capítulo se orienta la investigación bajo los conceptos de ingeniería sostenible y proceso robusto como modelos de producción convenientes y se resalta la importancia de la obtención de productos de elevada calidad, funcionalidad y bajo costo independientemente de su fin.

En el tercer capítulo se presenta información acerca de la anemia, a fin de comprender en primera instancia el nivel de la problemática a tratar.

Y por el ultimo en el cuarto capitulo se presenta la importancia que el hierro tiene para ayudar a paliar la problemática y como hasta hoy ha sido utilizada en situaciones similares.

1. TEORÍA SOBRE EL DISEÑO DE NUEVOS PRODUCTOS

1.1 CONCEPTO DE PRODUCTO

Los productos son bienes como mercancías u objetos, pero también pueden ser servicios, los cuales van a cumplir una función social, al suplir una necesidad del mercado (consumidores) como zapatos, lavado de ropa, libros, etc. (Guerrero 2001).

1.2 NUEVOS PRODUCTOS

El alcance del desarrollo de nuevos productos es muy amplio, incluye fundamentalmente tres áreas:

- a. Los productos químicos básicos que se obtienen a partir de los recursos naturales;
- b. Los productos industriales que tienen su origen en los productos químicos básicos.
- c. Los productos para el consumidor que tienen que ver con los procesos de manufactura en los cuales las materias primas son los productos químicos industriales que se transforman en los productos deseados por los consumidores, tales como alimentos procesados, cosméticos, artículos para el hogar o la oficina, etc.. (Devia, 2007)

En el campo del diseño de nuevos productos se emplea un vocabulario diferente al que se usa en el diseño de procesos. Mientras que en diseño de procesos se habla de procesos continuos y discontinuos, así como de entradas y salidas, lo mismo que de ciclos y operaciones unitarias de transferencia de masa y de calor, en el campo del diseño de productos se manejan términos como necesidades de los clientes, generación y selección de las ideas y manufactura del producto (Devia, 2007).

Para desarrollar nuevos productos es necesario adquirir la cultura y la capacidad para pasar de las etapas de importación y copia de productos a la de creación de los conceptos de aquellos que se necesitan para atender los mercados nacionales e internacionales. Pero no se trata simplemente de generar las ideas, es vital llevar rápidamente estas ideas a la práctica para completar el círculo de la creatividad y la innovación y asegurar una ventaja competitiva en el mercado (Devia, 2007).

Las reglas para el desarrollo de nuevos productos han cambiado sustancialmente. Muchas empresas han comprendido que, además de los conceptos aceptados de calidad, bajos costos y diferenciación, es necesario incluir la velocidad de respuesta y la flexibilidad, para poder tener éxito en los nuevos mercados. El equipo de trabajo debe ser capaz de adquirir amplios conocimientos y una diversidad de habilidades que ayuden a tener la versatilidad necesaria para resolver rápidamente una variedad de problemas. Asimismo, este equipo debe tener la capacidad de transferir su aprendizaje a los demás miembros de la organización (Devia, 2007).

Para que un proyecto de desarrollo de nuevos productos pueda cumplir sus objetivos, se tiene que tener una buena capacidad de respuesta a las múltiples oportunidades posibles en el mercado. Para seleccionar aquellas con mayores probabilidades de éxito se debe tener en la cuenta que, en muchas áreas de los negocios, son los usuarios más bien que los productores los que verdaderamente escogen los productos que se necesitan en el mercado. Así que una vez que ellos recomiendan un determinado producto, los productores se hacen cargo de su desarrollo, a pesar del pensamiento convencional de la necesidad de una investigación de mercados previa a cualquier desarrollo (Devia, 2007).

En el desarrollo de nuevos productos se han determinado tres dimensiones necesarias para tener éxito en el mercado(Devia, 2007):

- a. El desempeño financiero determina el éxito económico global del producto,
- b. La ventana de oportunidad muestra el grado en que el nuevo producto abre nuevas oportunidades en términos de una nueva categoría de productos y una nueva área de negocios y
- c. El impacto en el mercado describe la huella que deja el producto en los mercados domésticos e internacionales.

Una vez que se han generado productos no se puede simplemente dejar los procedimientos en los anaqueles, hay que diseñar las estrategias necesarias para llevarlos al mercado y lograr que sean aceptados. Actualmente hay muchos productos que se importan y que, con la aplicación de nuevas tecnologías en los procesos, pueden ser producidos en el país a menores costos (Devia, 2007).

Una herramienta pensada para ayudar en la gestión de los distintos rasgos (atributos), de los productos nuevos que aún están en la fase de diseño es el Análisis Conjunto. Variando los grados de los distintos atributos del producto, se pueden evaluar sus efectos sobre las preferencias del consumidor (Bermejo, 1998).

1.3 OPORTUNIDADES EN EL MERCADO

Dentro de la gran variedad de productos susceptibles de investigación con altas probabilidades de éxito en el mercado, se pueden considerar los siguientes (Devia, 2007):

1. El desarrollo de nuevas tecnologías para satisfacer las necesidades de la industria nacional y de los consumidores (Diseño de Procesos). En este caso se trata de aprovechar las nuevas tecnologías para el mejoramiento en la producción de productos conocidos.
2. El desarrollo de innovaciones derivadas para lograr que productos originales adquieran atributos que los hagan más atractivos en el mercado (Innovación en Productos). En esta área, gracias a la biodiversidad de nuestro país es posible incorporar nuevos ingredientes y principios activos que amplíen la aplicación de productos bien conocidos, especialmente cosméticos y alimentos procesados.
3. Los atributos de productos existentes pueden ser mejorados o aumentados, logrando mayor aceptación en el mercado y satisfacer otras especificaciones que los productos originales no cumplan (Innovación en Productos).
4. Productos conocidos pueden presentarse dentro de nuevos contextos que los hagan parecer diferentes a los conocidos. En este caso se pueden hacer innovaciones en empaques, formas de presentación y maneras de dispensar el producto.
5. Desarrollo de productos que ya tienen éxito en otros países pero que aún no son conocidos en el mercado nacional. Muchos productos para el consumidor, con base en ingredientes químicos, han tenido mucho éxito en otros países, pero hasta el momento no se conocen en el país.
6. El diseño de nuevos procesos para obtener productos que ya son conocidos en otros contextos culturales es un área que permite generar nuevas necesidades en los

consumidores y para lo cual se necesita mirar en los mercados internacionales para identificarlos (Diseño de Procesos).

Los productos obtenidos en los casos mencionados pueden denominarse innovaciones incrementales, sin embargo para el desarrollo de innovaciones radicales la estrategia es un poco más compleja. Mientras que las innovaciones incrementales generalmente se orientan a segmentos bien definidos del mercado con procesos productivos conocidos, cuando se plantean innovaciones radicales hay mucha incertidumbre no solo en el mercado sino en las tecnologías que se deben utilizar. Por esta razón se toma más tiempo llevar al mercado los productos de innovaciones radicales y se aumenta la probabilidad de fracaso en su aceptación (Devia, 2007).

En este capítulo se presentara los 5 pasos a seguir para la formulación de nuevos productos, los cuales en el posterior desarrollo del trabajo se utilizarán de base para la formulación de la propuesta tratada en el documento.

1. Conceptualización del producto
2. Identificación de los factores de calidad del producto
3. Selección de ingredientes y microestructura del producto
4. Generación de alternativas para el proceso de producción
5. Consideración de requerimientos medioambientales en el diseño de productos.

1.4 CONCEPTUALIZACIÓN DEL PRODUCTO

La primera fase del proceso para desarrollar nuevos productos es hacer un análisis del mercado, porque antes de iniciar cualquier proyecto es necesario verificar cual puede ser la posible aceptación del producto en el mercado, aunque no siempre hay coincidencia con el resultado esperado. Por ejemplo para el famoso Walkman de la Sony no se hizo ningún estudio de mercado, porque: ¿quién iba a querer estar escuchando música a toda hora? Este invento aparentemente, de acuerdo con anécdotas que se cuentan, surgió del capricho de la nieta del Sr. Morita, presidente de la empresa, que para acompañarlo en su caminata diaria tenía que decidir entre caminar o escuchar el último álbum de su conjunto favorito (Devia, 2007).

De todos modos, el primer paso para definir el producto y diseñar la arquitectura de la empresa es seleccionar el nicho producto-mercado. Se necesita responder a las siguientes preguntas (Devia, 2007):

- ¿Cuáles problemas se trata de resolver?
- ¿Qué soluciones se ofrecen?
- ¿Cómo se podrá acceder a los probables consumidores?
- ¿Tendrán los posibles consumidores suficiente poder adquisitivo para pagar por las soluciones ofrecidas?

Este análisis permite considerar las posibles necesidades de los consumidores y la probabilidad de que estén dispuestos a pagar cierta cantidad de dinero por un producto que no conocen y del cual solo saben que puede responder a alguna de sus necesidades o deseos (Devia, 2007).

Para obtener la información necesaria se puede apelar a los registros de importaciones y exportaciones del país, para identificar no solo productos similares sino posibles competidores, así como evaluar las tendencias de los mercados nacionales e internacionales. Otra fuente de información muy importante es Internet y los directorios industriales, para conocer si en otros lugares del país o del mundo se producen soluciones o productos similares al que se desea producir. Finalmente, para identificar plenamente los deseos de posibles consumidores se deben tener en cuenta si se trata de un producto bajo pedido en una relación directa o si es un producto que se va a ofrecer abiertamente en el mercado. En esta fase se adquiere conocimiento acerca del comportamiento del consumidor, es decir se analiza como toman las decisiones en el momento de gastar sus recursos disponibles para el consumo y que ocurre antes, durante y después de la compra de los productos (Devia, 2007).

Cuando el producto se va a desarrollar con una relación directa con los clientes hay que considerar que estos son relativamente pocos y que hay un vínculo directo de negocios, por lo tanto los requerimientos se deben capturar con ayuda de los siguientes métodos (Devia, 2007):

- a) Documento de especificaciones de requerimientos, que se debe negociar directamente con el cliente para que después de desarrollado el producto no haya reclamos o malos entendidos,

- b) Contrato u orden de trabajo, que se debe hacer siguiendo todas las normas legales para asegurar su cumplimiento,
- c) A medida que se avanza en el desarrollo del proyecto se deben hacer reuniones con los clientes para asegurar que se está cumpliendo con lo pactado y si es necesario llegar a acuerdos sobre posibles modificaciones en las especificaciones,
- d) En el contrato se debe estipular una garantía y la forma como se van a manejar los datos de quejas y,
- e) Debe haber seguridad de que quienes se presentan como representantes de los clientes realmente estén autorizados para tomar las decisiones que sean necesarias en el desarrollo de un nuevo producto.

Cuando el producto o solución se ofrece para todo el mercado o para nichos de este, se dice que existe una relación indirecta y en este caso hay relativamente muchos clientes y la distribución se puede hacer por medio de distribuidores mayoristas y minoristas que interaccionan directamente con los consumidores. En tal caso los requerimientos se pueden capturar por medio de (Devia, 2007):

- a. Grupos de enfoque,
- b. Encuestas personales o telefónicas,
- c. Investigación de mercados,
- d. Entrevistas personales y
- e. Retroalimentación en la sección de servicios al cliente.

A partir del análisis de los datos obtenidos se pueden conocer las tendencias típicas del mercado, así como las posibles formas que debe tener el producto que se va a ofrecer lo mismo que su posible sistema de empaque y forma de dispensarlo. Es importante ir desarrollando el producto en forma paralela con la configuración del empaque, para que haya una perfecta coherencia entre el uno y el otro. Además, en esta etapa se obtienen respuestas para las siguientes preguntas (Devia, 2007):

- ¿Quién es su cliente y cuál es su problema o cuáles son sus necesidades o expectativas?
- ¿Cómo responderá el producto a las necesidades o expectativas de sus clientes?
- ¿Qué ventajas ofrece su producto frente a los de sus competidores y que ventajas ofrecen los productos de sus competidores frente a su producto?

- ¿Qué es lo más importante para sus clientes en el momento de la decisión de compra?

Generación de Ideas de Productos: a partir de los resultados del análisis de mercado se pueden identificar varias ideas de las oportunidades que se presentan para producir algunos productos. De estas ideas se deben seleccionar aquellas más promisorias y que caigan dentro de las posibilidades y capacidades del equipo de trabajo. Una vez seleccionados los productos que se quieren producir hay que refinar las ideas para tratar de adaptarlas lo más que se pueda a las necesidades del consumidor (Devia, 2007).

Como ya se mencionó, se consideran nuevos productos aquellos que resultan de agregar algo más a un producto que ya existe en el mercado o cambiar su empaque o presentación. Asimismo en la categoría de nuevos productos se incluyen aquellos que surgen de una innovación derivada o los que son verdaderamente nuevos para el mercado nacional o nuevo entre países o son nuevos para un segmento del mercado. Por otro lado para una empresa se consideran productos nuevos cuando se crea una nueva categoría dentro de los que ya se ofrecen, o es una nueva línea que se agrega a las ya existentes, se introduce una nueva marca o se cambia su posicionamiento (Devia, 2007).

Las ideas para nuevos productos surgen de los proveedores que conocen a fondo no solo la disponibilidad de materias primas sino sus funciones. En un porcentaje muy alto las ideas provienen de los clientes que tienen necesidades y deseos muy específicos, que transmitidos por intermedio de los vendedores puedan conducir a verdaderas innovaciones. Es interesante anotar que una gran cantidad de los productos que se encuentran en el mercado han sido sugeridos por clientes que tenían que resolver un problema determinado, para lo cual no existía el producto adecuado. Con frecuencia también surgen ideas a partir del análisis del trabajo de los competidores o de los mismos empleados de la empresa y en algunas ocasiones de los mandos medios. Por sus relaciones con otros actores del sector empresarial, a veces los miembros de la alta dirección así como los consultores y expertos de la industria pueden presentar ideas interesantes de nuevos productos (Devia, 2007).

Una guía útil para desarrollar nuevos productos es responder a una serie de preguntas tales como (Devia, 2007):

- ¿Cuáles de los productos que la sociedad da por aceptados deberían eliminarse?
- ¿Cuáles productos deberían reducirse bien por debajo de los patrones de la industria?
- ¿Cuáles productos deberían elevarse bien por encima de los patrones de la industria?
- ¿Cuáles productos que la industria nunca ha ofrecido deberían crearse?

Para aprovechar las oportunidades que se presentan hay que escapar de la tiranía de los mercados satisfechos evaluando las competencias nucleares de la empresa contra los productos ofrecidos, así como buscar innovaciones para conceptos de productos. En este caso se deben buscar nuevas funciones para productos conocidos, encontrar nuevas formas para desarrollar funciones bien conocidas y desarrollar nuevas funciones por medio de nuevos conceptos de productos. Además se puede apelar a técnicas creativas tal como la de “entradas y salidas” que ha tenido mucho éxito en varias empresas multinacionales y que se basa en definir las especificaciones necesarias para solucionar el problema propuesto y luego buscar los ingredientes y procedimientos necesarios para llenar el espacio entre las materias primas que cumplen determinadas funciones y los requerimientos del consumidor (Devia, 2007).

Otra técnica útil para desarrollar nuevos productos se denomina la “Lista de Atributos”, en la cual las características actuales del producto se modifican una a una presentando diferentes alternativas para la innovación (Devia, 2007).

Una técnica muy utilizada para desarrollar nuevos productos es SCAMPER, en la cual se responde a una serie de preguntas que se formulan a partir de productos conocidos, buscando que se puede Sustituir, o Combinar o Adaptar o Modificar o Magnificar, o Poner para otros usos, o Eliminar o más bien Reducir o reversar o reagrupar (Devia, 2007).

1.5 IDENTIFICACIÓN DE LOS FACTORES DE CALIDAD DEL PRODUCTO

Otra información que se deriva del análisis del mercado son los factores típicos de calidad que responden a las necesidades o deseos del consumidor, así como los índices de desempeño con los cuales se puede evaluar el cumplimiento de los requerimientos de calidad. Estos factores deben estar definidos previamente, con muy pocas posibilidades para modificarlas durante el desarrollo del producto. En la definición de las especificaciones de los requerimientos del mercado es sumamente importante la participación del área de investigación y desarrollo así como el área de ingeniería y de manufactura (Devia, 2007).

Por ejemplo, para productos cosméticos y para el cuidado personal algunos de los factores de calidad característicos son el efecto de protección, el poder limpiador, la facilidad de aplicación, el olor agradable y su duración o vida útil. En cambio, en productos farmacéuticos y para el cuidado de la salud se usan la bioactividad, el tiempo de disolución o de desintegración, el tiempo de liberación de los ingredientes activos y la facilidad de aplicación.

En el caso de suministros para el hogar y para la oficina se debe tener en cuenta el poder limpiador, el poder de ocultarse o disimularse y la resistencia mecánica (Devia, 2007).

Adicionalmente se debe identificar el desempeño deseado en términos de los factores de calidad propios del producto. Por ejemplo, si el producto se va a usar en una determinada máquina, hay que entender muy bien su funcionamiento para poder definir los factores de calidad. Además del desempeño de una determinada función del producto es importante la conveniencia para su uso, la sensación que produce y su durabilidad. Estos factores de calidad pueden ser diferentes de acuerdo con la forma y sistema para dispensarlo. A cada uno de estos factores de calidad se les asigna un índice de desempeño que indica que tanto se aproxima al cumplimiento de los requerimientos del consumidor (Devia, 2007).

Para factores de calidad de carácter sensorial como apariencia visual, olor, sabor sensación al aplicarlo se emplean índices arbitrarios basados en la evaluación por un grupo de panelistas. Para determinar factores de calidad de carácter fisicoquímico, como la estabilidad del producto, se emplea la vida en el estante, mientras que la habilidad para cambiar de fase al aplicarse se mide por medio del punto de fusión o la temperatura de transición vítrea. Asimismo, la higroscopicidad se determina por la rata de absorción de humedad, y la facilidad de dispersión en un líquido se evalúa por el tiempo de humectación. La habilidad para disolverse en un líquido se mide por el tiempo de disolución y la velocidad de liberación del ingrediente activo por el tiempo de liberación (Devia, 2007).

1.6 SELECCIÓN DE INGREDIENTES Y MICROESTRUCTURA DEL PRODUCTO

Para seleccionar los ingredientes, primero se identifican las funciones necesarias para cumplir con los requerimientos del consumidor identificados previamente, y luego se buscan los ingredientes que tengan la capacidad de desempeñar las funciones deseadas. Esta selección de ingredientes activos a menudo se inicia con la búsqueda de candidatos potenciales, con ayuda de técnicas como el Diseño Molecular y la Química Combinatoria. Además se pueden usar técnicas de selección de alta eficiencia, en las cuales cada una de las muestras se prueba para dar una respuesta particular (Devia, 2007).

Para la selección de los ingredientes y la microestructura del producto también se puede apelar al estudio de patentes, para identificar allí productos que cumplen determinadas funciones cuando se han incorporado en productos patentados. Manuales como el de Formoso y enciclopedias como la de Kirk-Othmer, Ullman o McKetta son muy útiles cuando se trata de

seleccionar los ingredientes y los procesos de manufactura. Son los ingredientes activos y los de soporte o relleno, con el diseño del proceso y las condiciones de operación que incluyen velocidades, presiones y temperaturas, las que determinan las propiedades del material del producto y su microestructura para lograr el desempeño deseado(Devia, 2007)..

Una vez que se han seleccionado todos los ingredientes y se conocen sus funciones y características puede definirse finalmente el sistema como se va a dispensar el producto, para que cumpla los índices de desempeño convenidos previamente (Devia, 2007).

El Índice de Desempeño (ID) de un producto es función de las Propiedades de los Materiales (PM) y de los Atributos Estructurales (AE) de estos (Devia, 2007):

$$ID_i = F (PM_1.....PM_m, AE_1.....AEm)$$

Esta expresión se puede emplear para ayudar a identificar los materiales necesarios para lograr el desempeño que se desea del producto.

Para encontrar las propiedades de los diferentes ingredientes de una formulación se pueden utilizar tablas y manuales, pero siempre teniendo en la cuenta que estas características se determinan bajo condiciones diferentes a las que corresponden al producto. Por lo tanto siempre es necesaria la experimentación para observar la conducta de los ingredientes frente a la presencia de otros compuestos (Devia, 2007).

Para la selección eficiente de los materiales que se van a usar en el desarrollo de nuevos productos se pueden usar diversas técnicas de análisis, como se muestra en un ejemplo en la Tabla 1.1(Devia, 2007).

Tabla 1-1. Técnicas eficientes para la selección de materias primas

Escogencia de	Ejemplo	Técnica de análisis
Ingredientes activos y de soporte	Bioactividad superconductividad Actividad catalítica Temperatura de transición Vítrea Peso molecular del polímero	Fluorescencia Resistencia Termografía Calorimetría diferencial Cromatografía de gel
Atributos estructurales	Estructura cristalina	Difracción de rayos X
Condiciones de operación	Temperatura de reacción	HPLC

Fuente: Devia, 2007

Para relacionar el desempeño de un producto con las propiedades de sus ingredientes y su microestructura se puede emplear una de tres aproximaciones, a saber, modelamiento riguroso o análisis de orden de magnitud o análisis de caja negra, de acuerdo con el grado o nivel de capacidad de predicción de los parámetros empleados como se muestra en la tabla resumen, Tabla 1.2 (Devia, 2007).

Tabla 1-2. Aproximaciones para relacionar el desempeño del producto con sus ingredientes.

Aproximación	Modelamiento riguroso	Análisis de orden de magnitud	Análisis de caja negra
Técnica	Análisis detallados de los fenómenos	Análisis simplificado de los fenómenos	Ajustes de datos, redes neurales
Comprensión de los fenómenos físicos	Entendido completamente	Entendido Parcialmente	Entendido muy poco
Intervalo de Validez	Relativamente amplio	Limitado a las condiciones supuestas	Limitado al intervalo de datos disponibles
Capacidad de predicción de los parámetros	Relativamente aproximado	Estimados del orden de magnitud	Poco aproximados o imposibles
Esfuerzos experimentales	Ninguno o para verificación únicamente	Mínimo dirigido por la teoría	Paralelo combinatorio

Fuente: Devia, 2007

En el modelamiento riguroso se hace un análisis detallado de cada uno de los fenómenos que participan en la obtención del producto deseado, de tal forma que todos ellos sean entendidos completamente. Cuando no es posible este rigor, se puede apelar a un análisis simplificado de los fenómenos para entenderlos parcialmente dentro de las condiciones impuestas, pero dentro de un marco teórico adecuado para el tratamiento que se realiza. En muchas ocasiones no se entienden los fenómenos fisicoquímicos que participan y los datos conocidos son muy limitados, por lo tanto solo es posible hacer lo que se ha denominado un análisis de caja negra, cuyos resultados apenas son orientadores sin casi ningún poder de predicción (Devia, 2007).

1.7 GENERACIÓN DE ALTERNATIVAS PARA EL PROCESO DE PRODUCCIÓN

A partir de la experiencia adquirida en el desarrollo de nuevos productos se puede plantear la siguiente heurística para la obtención del producto a escala de laboratorio (Devia, 2007):

1. Creación o identificación de necesidades de los consumidores por medio de encuestas, grupos de enfoque, entrevistas, etc.
2. Definición de las características deseadas en el producto, a partir de la información obtenida en el mercado. Se pueden emplear varias de las técnicas creativas

- conocidas para generar ideas que puedan contribuir al éxito del producto (Devia, 1996). Evaluación de la factibilidad técnica y económica del producto deseado.
3. A partir de información bibliográfica y experimental seleccionar una ruta química para la obtención del producto, que satisfaga los requerimientos del consumidor.
 4. Identificación de funciones de los ingredientes necesarios para lograr las características deseadas de acuerdo con la ruta química.
 5. Identificación en el mercado de varias materias primas que puedan cumplir cada una de las funciones necesarias en el producto.
 6. Evaluación de cada una de las materias primas identificadas en términos de precio, toxicidad y disponibilidad en el mercado.
 7. Selección de los ingredientes para la formulación que mejor se ajusten a las limitaciones que se hayan impuesto para el desarrollo del producto. En este punto es necesario hacer una evaluación económica preliminar para determinar si vale la pena continuar el proyecto.
 8. Preparación de prototipos del producto con los ingredientes seleccionados, utilizando Diseño Estadístico de Experimentos, detallando los procedimientos experimentales y cuantos y cuales ensayos son necesarios para determinar las condiciones finales del proceso y determinar las variables que permiten el mejor acercamiento a los índices de desempeño previstos.
 9. Evaluación de las características de los prototipos obtenidos y compararlas con las deseadas en el producto que se quiere producir. Evaluación económica del prototipo desarrollado para decidir la continuación del proyecto.
 10. Modificación de las composiciones de la formulación hasta obtener las características deseadas en el producto final.

Una vez se tiene la formulación del producto, con la respectiva aprobación para continuar sigue la etapa de manufactura a mayor escala, bien sea a escala de planta piloto o a nivel industrial. Por lo tanto, de acuerdo con las materias primas seleccionadas y la presentación que se quiera dar al producto se deben seleccionar las operaciones unitarias necesarias para lograr que cumpla con los requerimientos del consumidor. Para tal fin se elabora un Diseño conceptual del proceso, definiendo si es un proceso continuo o por lotes, para evaluar la factibilidad de fabricación desde el punto de vista técnico y de los ingredientes seleccionados, esto es, las materias primas, los procesos químicos para la producción y la tecnología

necesaria. Igualmente hay que definir las especificaciones del producto y su empaque, así como las diversas variables que deben considerarse en su producción. Para respaldar un buen diseño hay que hacer una búsqueda de información suficiente y necesaria, sin llegar a la saturación que bloquee la creatividad (Devia, 2007).

Entonces, las materias primas, que pueden ser naturales o sintéticas, y de acuerdo con la ruta química definida se hacen reaccionar o se mezclan, y a partir de este producto intermedio se decide si sigue moldeo o extrusión para obtener tabletas, cápsulas, espumas sólidas o sólidos compuestos, o si como alternativa se trata del procesamiento de sólidos voluminosos y en este caso se procede a la dispersión para obtener polvos o gránulos, aerosoles, cremas o pastas, dispersiones diluidas, microemulsiones o espumas líquidas (Devia, 2007).

Para la elaboración del Diseño Conceptual del Proceso se siguen los siguientes pasos (Devia, 2007):

1. Selección de las operaciones unitarias y los equipos necesarios.
2. Construcción del Diagrama de Bloques (BFD) para el proceso.
3. Diseño de los equipos para operaciones de transferencia de calor o de separación, por medio de la heurística, por escalado de datos de laboratorio o por medio de modelos matemáticos o fenómenos lógicos
4. Selección de los equipos necesarios para operaciones de mecánica de fluidos como almacenamiento, bombeo y compresión, y operaciones para el manejo de sólidos.
5. Cálculo de los Balances de Masa y Energía de todo el proceso de manufactura.
6. Construcción del Diagrama de Flujo (PFD) que debe contener la descripción del proceso, la tabla de corrientes, la tabla de equipos y el PFD.

A partir del diseño conceptual, cuando se trata de productos que se van a llevar al mercado, se hace un plan de escalamiento y se definen los costos para fijar el precio, la capacidad de producción, el plan de mercadeo, la capacitación en ventas y demás factores que hay que considerar, incluido el nombre del producto, para iniciar la comercialización con el fin de colocar el producto al alcance de los consumidores con el propósito de lograr un buen desempeño financiero (Devia, 2007).

Evaluación del Proceso y del Producto antes de llevar el producto a la etapa de producción se debe evaluar el proceso desde el punto de vista técnico, para encontrar las mejores alternativas en la compra de equipos y la incorporación de nuevas tecnologías (Devia, 2007).

Además se deben hacer consideraciones de carácter ambiental para determinar que no se produzca ningún tipo de contaminación y se defina el destino final de los desechos, si es que los hay, después de aplicar metodologías como Cero Emisiones. Otro aspecto muy importante que se tiene que evaluar son los riesgos potenciales en la operación por medio de metodologías como HACCP (Devia, 2007).

El producto debe evaluarse para que cumpla normas legales, tales como las Normativas Salvadoreñas Obligatorias, Codex Alimentario, etc., en el caso de aquellos que así lo requieran. Evaluar productos similares para comparar sus características con las del nuevo producto ofrecido. Definir el precio de acuerdo con los diversos factores que hay que tener en la cuenta, tales como: competencia, mercado objetivo, estructura de costos, regulaciones del gobierno, expectativas de venta, ciclos de oferta y demanda, ciclo de vida del producto, canales de distribución y consecución y costos de la materia prima.

Otro factor muy importante que debe evaluarse es la marca, que además de ser registrable, simple y única, debe reflejar las características del producto, ser consistente, memorable y flexible. Por la marca, como signo-estímulo o sea signo asociativo e inductivo que se incorpora a los sistemas mentales, es al mismo tiempo un signo memorizante. Este procedimiento sistemático descrito se basa en la experiencia adquirida en el desarrollo de varios productos en el laboratorio de la Universidad Eafit (Devia, 2007).

1.8 CONSIDERACIÓN DE LOS REQUERIMIENTOS MEDIO AMBIENTALES EN EL DISEÑO DE PRODUCTOS.

Las decisiones en el diseño determinan el uso de importantes cantidades de recursos (materiales y energía) y fijan parámetros respecto a la vida útil del producto, tanto en la fase de elección de materiales y procesos de producción, como en la fase de uso de los productos y en la disposición final de los mismos (Bovea, 1998).

Integrar los requerimientos medioambientales en las etapas de desarrollo de un producto, permite obtener diseños funcionales, y a su vez minimizan el impacto sobre el medio ambiente durante todas las etapas del ciclo de vida de un producto (Bovea, 1998).

Así, el diseño de un producto debe minimizar el uso de recursos no renovables y la producción de desperdicios durante su ciclo de vida; siguiendo una metodología que provoque el mínimo impacto ambiental posible, teniendo en mente aspectos que reduzcan la contaminación y que

faciliten el desensamblaje de los productos para su posterior reciclaje o disposición (Bovea, 1998).

A continuación en la Figura 1-1, se resume de forma esquemática, lo tratado en este capítulo de diseño de nuevos productos.

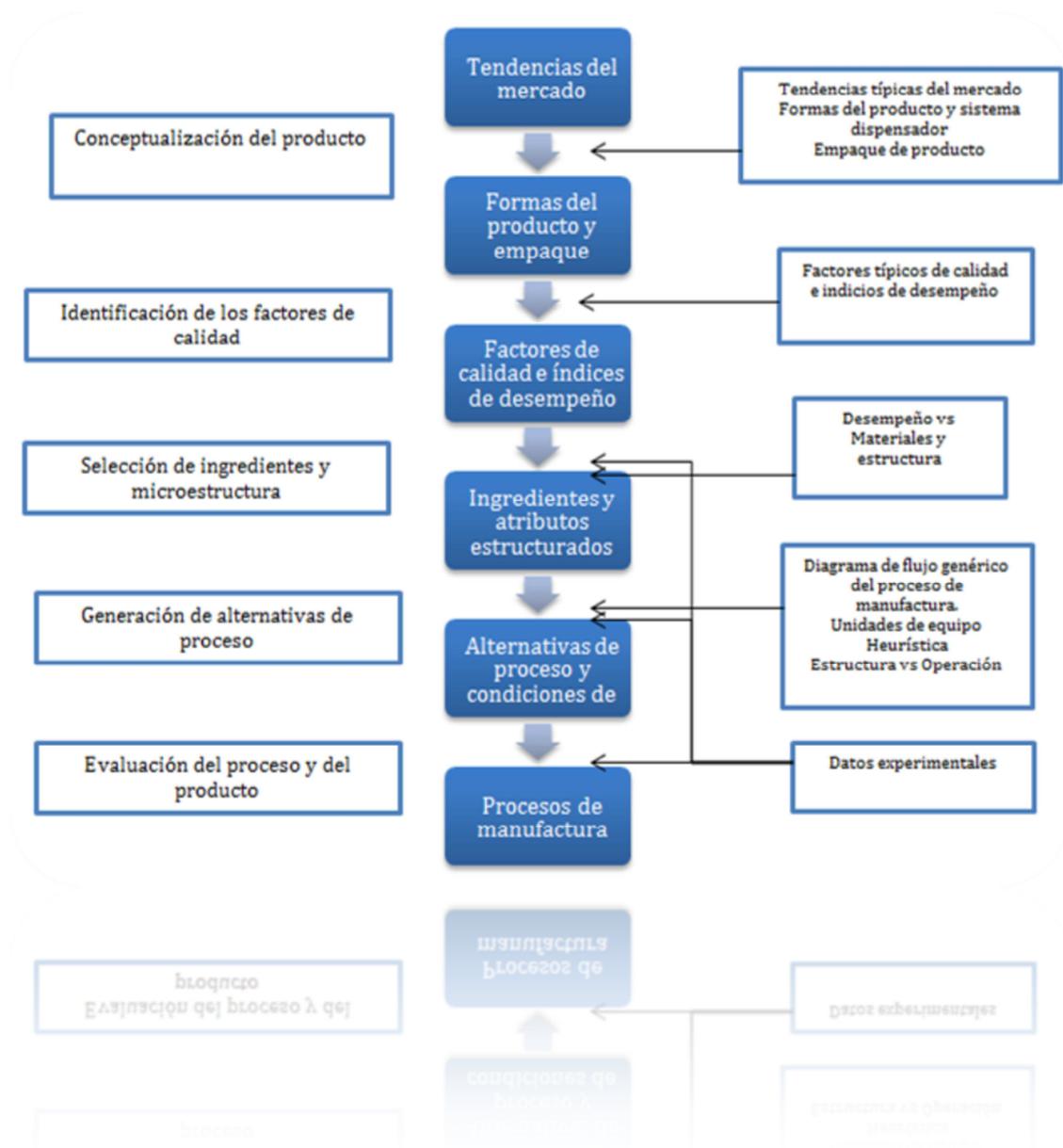


Figura 1-1. Procedimiento sistemático para el desarrollo de productos químicos (Fuente: Devia, 2007)

2. INGENIERÍA SOSTENIBLE Y PROCESO ROBUSTO

En el presente capítulo de este proyecto, se presentan los conceptos de ingeniería sostenible y proceso robusto como modelos de producción convenientes y se resalta la posibilidad que presentan para la obtención de productos de elevada calidad, funcionalidad y bajo costo independientemente de su fin.

2.2 INGENIERÍA SOSTENIBLE

La mayoría de los procesos y desarrollos tecnológicos actuales siguen siendo aún perjudiciales para el medioambiente, están marcadamente orientados al crecimiento económico, y además son vulnerables a las necesidades y los cambios sociales, especialmente a las regulaciones y normativas. En los últimos años ha aumentado la percepción de que la sociedad actual, y la industria química en particular, debe ser sostenible (Martínez, 2008).

2.1.1 CONCEPTO GLOBAL DE DESARROLLO SOSTENIBLE

A principios de la década de los 60 comenzó a tomarse en consideración el efecto que la actividad humana tiene en el medioambiente, y que el rápido crecimiento económico de las sociedades más ricas podía impedir el desarrollo de las sociedades más pobres. Este contexto invitó a la discusión acerca de qué tipo de desarrollo podría favorecer el crecimiento económico, a la vez, favorecer el desarrollo social manteniendo un balance equilibrado con la naturaleza (Aldaco, 2005). Este concepto fue definido como desarrollo sostenible en el informe de la ONU "Nuestro futuro común", también conocido como informe Brundtland [WorldComisiononEnvironment and Development, 1987]. Desde ese momento, la idea de sostenibilidad ha crecido y adquirido una importancia universal, convirtiéndose en referencia de las actuales y futuras políticas en materia ambiental y económica (Martínez, 2008).

Por lo tanto se define como desarrollo sostenible al *"Desarrollo que satisface las necesidades del presente sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras para cumplir con sus propias necesidades"* (ONU, 1987).

El concepto de Desarrollo sostenible se basa en tres pilares básicos interrelacionados: desarrollo económico, desarrollo social y protección del medioambiente. Como se muestra en la Figura 2-1 (Xercavins et al., 2005).

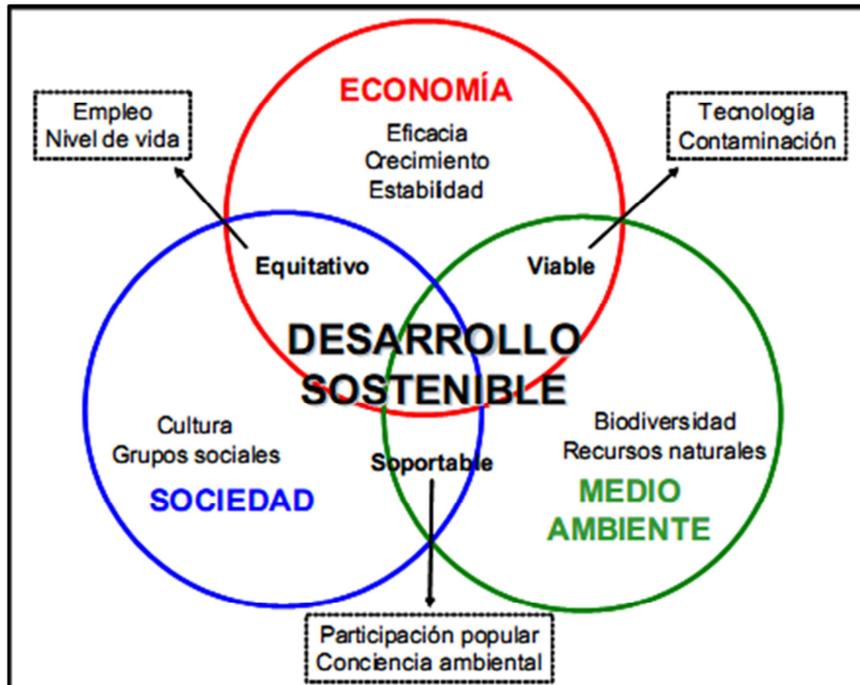


Figura 2-1. Esquema de interrelaciones del desarrollo sostenible. (Fuente: Martínez, 2008)

La sostenibilidad ha de ser ecológicamente viable y no degradante, ser socialmente aceptada y deseada, económicamente realizable con tecnologías apropiadas, y ha de facilitar finalmente para el futuro los correspondientes capitales naturales, sociales y económicos (Xercavins et al., 2005).

2.1.2 INGENIERÍA QUÍMICA SOSTENIBLE

Para abordar los desafíos que presenta el desarrollo sostenible es necesario un nuevo enfoque, incluyendo nuevas tecnologías y nuevos modos de uso de las mismas. Se trata de un cambio para la sociedad en su conjunto, para la industria, la ciencia y la ingeniería en particular (Vanselaar, 2003).

En este nuevo enfoque, la ingeniería química juega un papel fundamental debido a dos razones (Aldaco, 2005):

- (i) La industria química contribuye ampliamente al desarrollo económico y sus productos son absolutamente necesarios en la vida moderna, así, el desarrollo social está estrechamente relacionado con la industria de procesos químicos y viceversa y,

- (ii) La mayor parte de los problemas ambientales pueden relacionarse directamente con las operaciones llevadas a cabo en los procesos químicos, con el uso de productos químicos y la generación de corrientes residuales.

Por tanto, los cambios en la industria química ante los retos planteados por el desarrollo sostenible se pueden resumir en tres puntos básicos (Vanselaar, 2003):

- (i) Desarrollar compuestos y materiales para nuevos productos y actividades sostenibles,
- (ii) Favorecer el desarrollo pero de una manera sostenible, lo que implica una reducción drástica del uso de recursos en la producción y aplicación de productos y,
- (iii) Desarrollar productos y procesos adecuados a los mercados y condiciones de los países en desarrollo, que contribuya a la generación de riqueza y bienestar.

2.1.3 LOS DOCE PRINCIPIOS DE LA QUÍMICA SOSTENIBLE

En este contexto, Anastas y Warner (1998) postularon los doce principios de la química sostenible, cuya aplicación pretende ser la base para la consecución de una industria química sostenible:

1. Es mejor prevenir la generación de residuos que tratarlos o limpiar tras su formación.
2. Los métodos sintéticos deben ser diseñados para conseguir la máxima incorporación en el producto final de todas las materias usadas en el proceso.
3. En la medida en que sea posible, se deben diseñar metodologías para el uso y la generación de sustancias con escasa o nula toxicidad para seres humanos y medioambiente.
4. Se deben diseñar productos químicos que, preservando la eficacia de su función, presenten una reducida toxicidad.
5. El empleo de sustancias auxiliares debe tratar de ser el mínimo posible y, cuanto menos deben ser inocuas.
6. Las necesidades energéticas deben ser consideradas en relación a sus impactos ambientales y económicos, además de tratar de ser minimizadas. Los procesos deben ser llevados a cabo a temperatura y presión ambiente.
7. Las materias primas empleadas deben ser renovables y no extingüibles, siempre que esto resulte posible técnica y económicamente hablando.

8. La formación innecesaria de derivados (bloqueo de grupos, protección/desprotección, modificación temporal de procesos físicos/químicos) debe ser evitada en la medida de lo posible.
9. Los reactivos catalíticos (tan selectivos como sea posible) son superiores a los reactivos estequiométricos.
10. Los productos químicos han de ser diseñados de manera que, al final de su vida útil, no persistan en el medioambiente, sino que se fragmenten en productos de degradación inertes.
11. Se deben desarrollar las metodologías analíticas que permitan el seguimiento en tiempo real durante el proceso y el control previo a la formación de sustancias peligrosas.
12. Las sustancias y las formas de su uso en un proceso químico, deben ser elegidas de manera que resulte mínima la posibilidad de accidentes químicos, incluyendo emisiones, explosiones e incendios.

Estos principios deben ser considerados de una forma conjunta y aceptados de manera global en el diseño de procesos, ya que suponen las bases de la prevención de la contaminación a través del desarrollo de procesos más eficaces y más limpios (Muñoz, 2006).

2.1.4 DESARROLLO SOSTENIBLE DE PRODUCTOS (DSP)

El desarrollo y sostenibilidad de productos es una reciente combinación de términos que surge a partir de que se reconoce la importancia que tienen sobre el ambiente y el futuro elementos como el diseño, la fabricación, la selección de materiales, el tipo de productos, su uso y desecho final. Reconocer un solo ambiente global en el cual todas las actividades se relacionan y afectan una a la otra ha llevado a los investigadores a un profundo análisis de la importancia del proceso de diseño y su relación con el impacto ambiental de los productos. Este análisis ha llevado a buscar nuevos procesos para el diseño, producción y uso que lleve a un desarrollo sostenible (Matera, 2001)

La gran parte del enfoque actual se encuentra en reducir algunos problemas actuales como mejorar la eficiencia en el uso de la energía en lavadoras, hacer que los productos se desarmen fácilmente para reensamblarlos y evitar problemas de desperdicios, y minimizar la cantidad de materiales utilizados en los empaques. Sin embargo, también existe una constante discusión respecto a cómo avanzar para lograr cambios más importantes... (Marzano, 1996).

El DSP es el proceso que crea diseños de productos que son sostenibles en términos del ambiente y el uso de recursos tomando en cuenta la necesidad del producto. Es el proceso de planeación y diseño que integra los siguientes elementos en un producto (Maser, 2001):

- **Eficiencia en el uso de los recursos:** En términos de energía y materiales utilizados en la fabricación, la producción de los componentes y la fase de uso. También incluye la selección de materiales que favorezcan el uso de materiales locales, renovables, reciclados y que utilicen poca energía, y evitan aquellos que sean escasos o contengan materiales tóxicos.
- **Calidad de los productos:** Incluye el uso, necesidad y función del producto, la durabilidad, el óptimo tiempo de vida, la eficiencia de energía, el uso adecuado de los materiales y el terminado.
- **Organización y eficiencia en la producción:** Incluye procesos mejorados de manufactura técnica y humana en términos de recursos, trabajo manual y maquinaria, además del uso y el desarrollo de las tecnologías adecuadas y la energía renovable.
- **Cultura y capacidades locales:** Incluye la comprensión y aplicación de la cultura local y el conocimiento de los indígenas, las necesidades de los pueblos locales, las tradiciones y las capacidades (técnicas y económicas) a lo largo de todo el proceso. Incluye también el uso de productos locales y la promoción del consumo local.
- **Mercado:** Incluye el análisis e investigación de las oportunidades del mercado que consigan procesos económicos sostenibles.
- **Fin de la vida:** Incluye consideraciones relacionadas con la posible reutilización, desensamblado, reciclaje y deshecho final de los productos.

En resumen, el DSP considera la intensidad y optimización del uso de recursos para el diseño de productos, al mismo tiempo que involucra las culturas locales, la eficiencia general en la producción y mejora simultáneamente la calidad de los productos para incrementar sus oportunidades en el mercado. La incorporación de las implicaciones económicas, sociales y ambientales a largo plazo para cada paso del proceso le da una nueva dimensión en términos de sostenibilidad. (Maser, 2001a)

2.2 PROCESO ROBUSTO

Su creador el japonés Genichi Taguchi que tras la segunda guerra mundial consideró que en Japón había una necesidad de ahorro de costes en fabricación sin afectar la calidad de los productos, por lo que buscó reducir la sensibilidad de los productos y procesos a variaciones no deseables con el objetivo de reducir costos, mejorar la productividad y fiabilidad de los procesos y aumentar la satisfacción de los clientes y fue así como logró diseñar una metodología llamada Proceso Robusto.

2.2.1 DEFINICIÓN E HISTORIA DE PROCESO ROBUSTO

Genichi Taguchi, ingeniero nacido en 1924 y creador del concepto de diseño robusto, realizó un gran esfuerzo para llevar a un terreno práctico el diseño experimental. Introdujo, además, conceptos revolucionarios que afectaron la forma de medir la calidad y su costo. Para Taguchi, la calidad, antes que por la satisfacción de especificaciones, debe medirse en términos de la así llamada función de pérdida, que establece la pérdida que la sociedad sufre como consecuencia de la mala calidad. Un producto de calidad es para el cliente aquél que cumple con las expectativas de performance o rendimiento cada vez que lo utiliza, sin fallas y en cualquier condición o circunstancia. Los productos que no cumplen con dichas expectativas causan pérdidas, tanto para los clientes y los productores, como para, eventualmente, el resto de la sociedad. Por esto, para Taguchi, la calidad debe medirse en función de la pérdida que causa: mientras mayor es la pérdida que se produce, menor es la calidad (CEMA, s. f.).

Pero, aunque en un sentido más exigente que en el concepto tradicional, las especificaciones también son clave para Taguchi, y calidad significa conformidad con las especificaciones. Apartarse de las especificaciones equivale a ocasionar al cliente y, en última instancia, a la sociedad, una pérdida. Taguchi se apartó de la sabiduría convencional, que suponía que calidad equivalía a producir dentro de los márgenes de tolerancia, y postuló que el costo de la mala calidad se incrementa con el alejamiento del valor de diseño, produciendo una pérdida para el cuerpo social. La función de pérdida vale cero cuando el desvío con respecto al parámetro objetivo es nulo y se incrementa cuadráticamente cuando los valores de los productos fabricados se acercan a los límites de tolerancia. En otras palabras, los productos cercanos a los límites de tolerancia son

productos casi defectuosos y los gerentes deben trabajar para reducir la variabilidad de sus procesos de producción (CEMA, s. f.).

La función de pérdida se define como (CEMA, s. f.):

$$L(y) = k(y - T)^2$$

Dónde:

- ❖ $L(y)$: indica la pérdida (en unidades monetarias) que sufre la sociedad;
- ❖ k : es una constante específica de cada caso considerado;
- ❖ T : es un valor objetivo que la dimensión de interés debe tener (T mide la calidad nominal o de diseño); y
- ❖ y : es el apartamiento que la dimensión de interés presenta con respecto al valor objetivo, T .

En contraste con el pensamiento tradicional sobre la calidad, que solo penaliza los valores de y que superan los límites de tolerancia, Taguchi considera que todo apartamiento del valor objetivo es un costo para la sociedad y como tal debe ser penalizado (CEMA, s. f.).

Por lo tanto se define al proceso robusto como:

Aquel cuyas salidas presentan pequeñas variaciones cuando algunas de las entradas del proceso presentaron variaciones significantes. Y Producto Robusto, aquel capaz de desempeñar todas sus funciones aun cuando se han producido variaciones aceptables durante periodos de vida razonables (Pérez, 2005)

2.2.2 IMPORTANCIA DEL DISEÑO ROBUSTO

Para Taguchi, es posible incorporar la calidad en los productos desde su diseño, sin aumentar su costo; los problemas deben eliminarse en el laboratorio de diseño, no en la fábrica o en el campo. Según esta perspectiva, es necesario diseñar productos robustos que toleren variaciones en el proceso de producción y durante el servicio de mantenimiento. Los métodos estadísticos deben seleccionar los factores importantes que afectan el diseño (CEMA, s. f.).

Tradicionalmente el diseño se ha hecho en dos fases. Una inicial en la que se lleva a cabo el diseño básico y en el que se establece el esquema funcional del producto, seguido de un

diseño de tolerancias en el que se establecen los valores máximos y mínimos para las características de cada uno de los componentes que lo integran. Es práctica habitual asignar las tolerancias sin que estén respaldadas por un estudio detallado, de modo que en algunas partes se encarece el producto de modo innecesario y en otras la alta tolerancia establecida penaliza la característica de calidad del producto. Taguchi propone una fase intermedia, llamada diseño paramétrico, que tiene por objeto fijar los valores de los factores de control que hacen al producto robusto, para concluir con un diseño de tolerancias en el que se fijan tolerancias estrechas a aquellos elementos que se ha determinado su Influencia en la variabilidad final, dejando un amplio margen de tolerancias para el resto de los elementos. Por esta razón, la técnica de diseño robusto se denomina también diseño paramétrico (Ruiz, 2000).

Aunque no existe una definición aceptada universalmente, se puede definir el diseño robusto o paramétrico como: *“Una técnica de bajo costo que pretende reducir la variación de productos y procesos”*(Ruiz, 2000).

Por esta razón es muy importante el diseño robusto y porque sus posibilidades de mejora de un proceso se puede dar de cualquiera de las siguientes maneras: Primero, mejorando, disminuyendo o centrando las características de calidad del producto fabricado; segundo, disminuyendo la variabilidad del proceso, consiguiendo una mayor uniformidad del producto y finalmente, sería ideal que el proceso respondiera de manera homogénea con independencia de las condiciones ambientales como humedad, temperatura, etc..

En definitiva, el objetivo principal de la ingeniería en general es alcanzar mejoras de rendimiento sostenibles ante cualquier condición dificultosa. Esto es lo que se llama robustez (CEMA, s. f.).

2.2.3 METODOLOGÍA DE DISEÑO ROBUSTO DE TAGUCHI

2.2.3.1 DIAGRAMA “P” DE TAGUCHI

Taguchi visualiza un proceso de fabricación mediante el llamado “Diagrama p”, ver Figura 2-2:

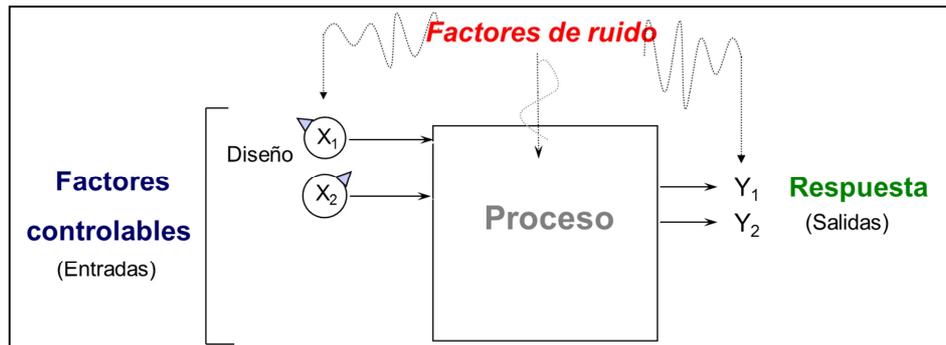


Figura 2-2. Diagrama P, enfoque del proceso robusto. (Fuente: Pérez, 2005)

Puede apreciarse en la Figura 2-2 que el input -output típico de un proceso, Taguchi los denomina utilizando un lenguaje procedente de la industria electrónica (Ruiz, 2000).

- **Señal.** Son los parámetros que fija el operador para producir la respuesta deseada. Por ejemplo puede ser la velocidad de corte de una herramienta, etc.
- **Factores de control.** Son aquellos parámetros cuyo valor puede fijar el diseñador. Por ejemplo el punto de trabajo de un transistor.
- **Variaciones introducidas por el propio proceso de fabricación (ruido de fabricación).** Es sabido que las denominadas causas comunes, provoca una variabilidad natural de los productos fabricados. A estas causas hay que sumar las posibles causas asignables (por ejemplo errores humanos) que puedan estar presentes.
- **Variaciones introducidas por causas externas (ruido externo).** Las diferentes condiciones ambientales a las que han estado sometidos los diferentes productos durante su fabricación pueden provocar diferencias entre ellos. Una vez en servicio, los productos estarán sometidos a distintas condiciones (por ejemplo distintos usuarios, diferentes aplicaciones, etc.) lo que hará que la variabilidad de las prestaciones se acentúe todavía más.

- **Variaciones introducidas por causas internas (ruido interno).** Por ejemplos las debidas al desgaste, etc.

Es importante resaltar la diferencia entre ‘factores de control’ y “ruido”. Esta distinción permite una estrategia de diseño distinta a la convencional.

2.2.3.2 ESQUEMA DE ACTIVIDADES EN UNA EMPRESA TAGUCHI

Taguchi ofrece un esquema de actividades desde la invención del producto hasta su llegada al mercado. El flujo se divide en tres etapas, conocidas por las expresiones inglesas upstream, midstream, y downstream, (como se muestra en la Figura 2-3). La etapa de upstream consiste en los bloques 1 y 2, la de midstream, en los bloques 2, 3, 4, y 5, y la de downstream, en los bloques 5 y 6. El bloque 2, de desarrollo de tecnología, actúa como perno entre el upstream y el midstream. El bloque 5, manufactura, cumple el mismo papel entre el midstream y el downstream. La ingeniería de la calidad enseña que las actividades para la mejora de la calidad deberían ser empujadas hacia el upstream, alejándolas del proceso de manufactura. El diseño experimental, y las técnicas de Taguchi en particular, apuntan a este fin (CEMA, s. f.).

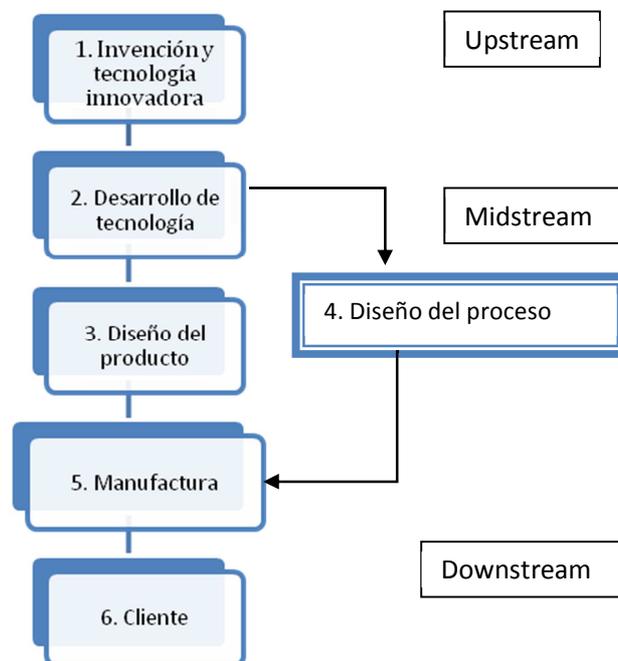


Figura 2-3. Esquema de actividades de una empresa desde la invención del producto hasta su llegada al mercado. Fuente: Adaptado de Ealey (1992).

Lo mostrado en la Figura 2-3 nos permite reflexionar sobre la responsabilidad de los gerentes en los temas de calidad. Por ejemplo, es importante destacar su papel en el diseño y la manufactura de los productos, pues allí se concentran las consecuencias del costo y la calidad de los procesos. Además, dado que los acontecimientos que ocurren en el upstream tiene consecuencias en las etapas inferiores, cuando se intenta mejorar la calidad, y en definitiva ahorrar en términos de costos, se debe mejorar la tecnología genérica, en vez de estudiar las formas de mejorar producto por producto. De esta manera, los avances tecnológicos son aplicables a cualquier tipo de producto que se quiera fabricar, y no derrochan recursos innovando en cada producto nuevo que se lance al mercado. Los ingenieros, en suma, deben desarrollar tecnologías robustas en la etapa de investigación y desarrollo, tecnologías que sean fácilmente transferibles a nuevos procesos y productos. Entonces, las innovaciones más valiosas son las que se producen upstream; no hay que descuidar la prevención de problemas de calidad downstream pues es aquí--y no en el laboratorio--donde aparecen los factores no controlables (CEMA, s. f.).

2.2.3.3 EL ENFOQUE DE TAGUCHI

Taguchi establece su metodología para (CEMA, s. f.):

- 1. Diseñar productos y procesos robustos a las condiciones ambientales;*
- 2. Diseñar y desarrollar productos robustos a la variación en sus componentes;*
- 3. Minimizar la variación alrededor de un valor objetivo. (Montgomery 1999, p.533).*

La ingeniería de la calidad de Taguchi combina métodos estadísticos y de ingeniería para optimizar los procesos de diseño y fabricación de modo que aumente la calidad y se reduzcan los costos de los productos. El diseño de experimentos juega un papel esencial en el enfoque de Taguchi, pues ayuda a identificar los factores que más intervienen en la generación de problemas de calidad o, alternativamente, los factores que más contribuyen a lograr resultados positivos. A lo largo de este proceso, se fortalece la cooperación entre diversos niveles y áreas de la empresa (CEMA, s. f.).

Paralelamente Taguchi presenta tres etapas en el diseño de un producto o de un proceso como se muestra a continuación en la Figura 2-4:

- 1. Diseño del sistema*
- 2. Diseño de los parámetros y*
- 3. Diseño de las tolerancias.*

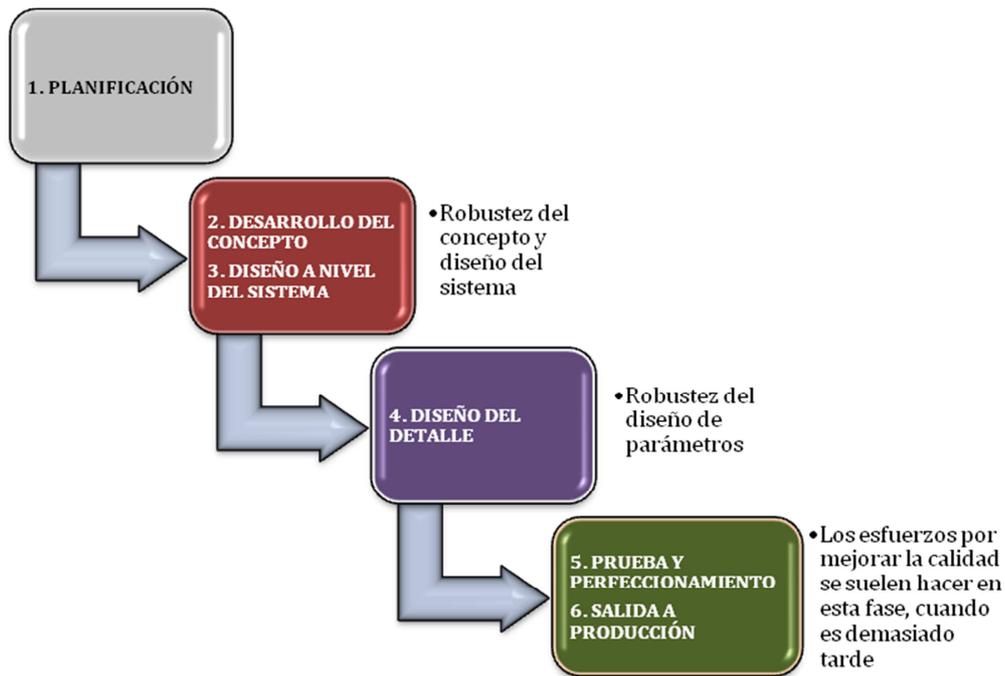


Figura 2-4. Etapas en el diseño de un producto o de un proceso Robusto.

En el diseño del sistema se determina la configuración básica de los componentes. Por ejemplo, en una línea de acondicionamiento de comprimidos, el diseño del sistema incluye la determinación de los materiales y el diseño del sistema de líneas que realizarán el empaque, con todos sus componentes. En el diseño de los parámetros, se determinan los niveles o valores de los factores controlables para minimizar el efecto de los factores incontrolables en las características del producto terminado, es decir, en nuestro ejemplo, los comprimidos envasados, con su prospecto y caja. Finalmente, el diseño de las tolerancias apunta a reducir la varianza en las características del producto terminado cuando la reducción lograda en el diseño de los parámetros no es suficiente (CEMA, s. f.).

El diseño experimental debería aplicarse fundamentalmente al diseño de los parámetros y al diseño de las tolerancias. Fue un logro de Taguchi el haber destacado la importancia de aplicar el diseño experimental en las etapas upstream del proceso de creación, fabricación y puesta en el mercado de un nuevo producto. También es clave en su enfoque el concepto de robustez; un producto es robusto cuando se comporta bien aún en condiciones no controlables (CEMA, s. f.).

3 GENERALIDADES SOBRE LA ANEMIA

Según el Manual de Merck de Información Médica para el Hogar las anemias son enfermedades en las que los glóbulos rojos o la hemoglobina presentan valores inferiores a los normales.

Los glóbulos rojos contienen la hemoglobina, que les permite transportar oxígeno desde los pulmones hasta las distintas partes del cuerpo. Como en la anemia se reduce el número de los glóbulos rojos o la cantidad de hemoglobina presente en ellos, la sangre no puede transportar una adecuada cantidad de oxígeno. Los síntomas, causados por la falta de oxigenación, son variados. Por ejemplo, la anemia puede causar fatiga, así como debilidad, incapacidad para realizar ejercicio y dolores de cabeza leves. Si la anemia es muy grave, puede aparecer un ataque o un paro cardíaco (Merck, 2005).

De acuerdo a la Organización Mundial de la Salud la anemia consiste en tener una cantidad menor de 11 g/dl de hemoglobina en sangre (OMS, 2007).

3.1 DEFINICION DE ANEMIA

El término anemia, utilizado incorrectamente como un diagnóstico, designa un conjunto de síntomas y signos. De acuerdo al Manual de Merck (1999), Anemia se define como la disminución del número de hematíes o del contenido de hemoglobina debida a pérdidas sanguíneas, eritropoyesis deficiente, hemólisis excesiva o a una combinación de estas alteraciones.

3.2 SINTOMAS, CAUSAS, TRATAMIENTOS Y CLASIFICACIÓN DE LA ANEMIA

3.2.1 SINTOMATOLOGÍAS DE LA ANEMIA

Los síntomas y signos de la anemia representan respuestas cardiovasculares y pulmonares compensadoras según la gravedad y la duración de la hipoxia tisular. Una anemia grave (p. ej., Hb < 7 g/dl) puede asociarse a debilidad, vértigo, cefalea, acufenos, manchas en el campo visual, fatiga fácil, mareos, irritabilidad e, incluso, conducta extraña. Pueden aparecer amenorrea, pérdida de la libido, molestias GI y, en ocasiones, ictericia y esplenomegalia. Finalmente, puede presentarse insuficiencia cardíaca y shock (Merck, 1999).

3.2.2 CAUSAS DE LA ANEMIA

La Figura 3-1 muestra de una forma esquemática las tres posibles causas más comunes de la anemia así como una breve explicación de a qué se puede deber cada una de estas.

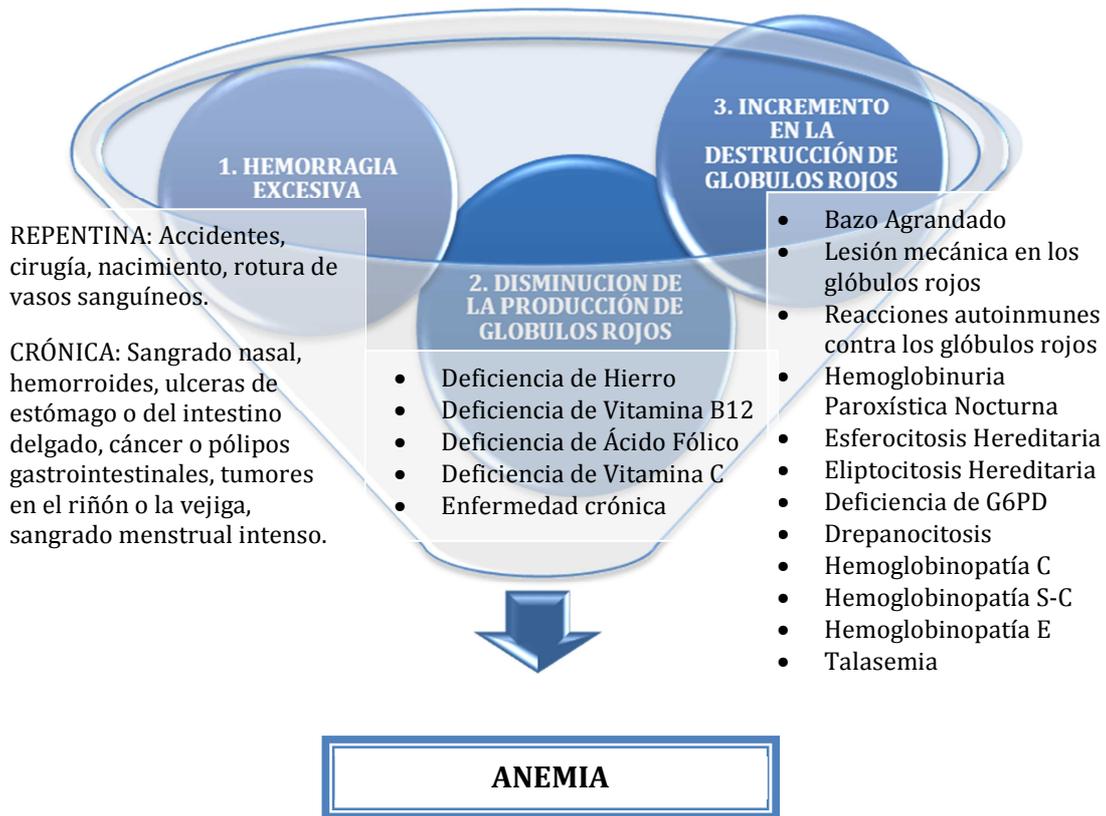


Figura 3-1. Causas de la Anemia. (Fuente: Merck; 2005)

3.2.3 TIPOLOGÍA DE LA ANEMIA

Para su clasificación primero hay que tener presente que la anemia es un hecho clínico y no una entidad diagnóstica. El tipo de anemia define su mecanismo fisiopatológico y su origen, lo que permite planificar un tratamiento adecuado. Dejar de investigar una anemia leve es un error grave; su presencia indica una enfermedad subyacente y su gravedad ofrece poca información sobre su origen o significado clínico verdadero (Merck, 1999).

Esto indica que la clasificación de la anemia como hecho clínico es muy complejo y variable, y depende de muchos factores que están exceptuados en la presente investigación por lo que se

presentará una clasificación muy generalizada con respecto a ellos, pero se focalizará en el tipo de anemia que esta diagnosticada debido a la escasez de hierro.

La anemia se clasifica de acuerdo a los factores que la puedan causar, en otras palabras la anemia es el resultado de una o más combinaciones de tres mecanismos básicos en los cuales se clasifica: pérdida de sangre, una escasa producción de glóbulos rojos o su excesiva destrucción, como se muestra en la Figura 3-1 (Merck, 1999).

Clasificación de la anemia de acuerdo a las causas comunes que la provocan:

3.2.3.1 HEMORRAGIA

La hemorragia es la causa más frecuente de anemia. Cuando se pierde sangre, el cuerpo rápidamente absorbe agua de los tejidos hacia el flujo sanguíneo a fin de mantener los vasos llenos de sangre. Como resultado, la sangre se diluye y el porcentaje de glóbulos rojos se reduce. Finalmente, se corrige la anemia incrementando la producción de los glóbulos rojos. Sin embargo, la anemia puede ser intensa al principio, sobre todo si es debida a una pérdida súbita de sangre, como sucede en un accidente, una intervención quirúrgica, un parto o la rotura de un vaso sanguíneo (Merck, 2005).

La pérdida súbita de grandes cantidades de sangre puede ocasionar dos problemas: la disminución de la presión arterial porque la cantidad de líquido remanente en los vasos sanguíneos es insuficiente, y la reducción del suministro de oxígeno en el organismo porque el número de los glóbulos rojos que lo transportan ha disminuido. Cualquiera de estos dos problemas puede ocasionar un ataque al corazón, un paro cardíaco o incluso la muerte (Merck, 2005).

Mucho más frecuente que una pérdida súbita de sangre es la hemorragia crónica (continua o recurrente), que puede ocurrir en varias partes del cuerpo. El sangrado reiterado de nariz y de hemorroides es fácil de constatar. El sangrado crónico de otras partes (como úlceras del estómago y del intestino delgado o pólipos y cánceres del intestino grueso, sobre todo el cáncer de colon) tal vez no resulte obvio porque la cantidad de sangre es pequeña y no aparece como sangre roja en las heces; esta pérdida de sangre se describe como oculta. Otras fuentes de hemorragia crónica son los tumores del riñón o de la vejiga, que pueden causar pérdida de sangre en la orina, y el sangrado menstrual excesivo (Merck, 2005).

La anemia causada por hemorragia oscila de leve a grave y los síntomas varían según su intensidad. La anemia puede no producir ningún síntoma o puede causar debilidad, vértigo, sed, sudor, pulso débil y rápido y respiración acelerada. Es frecuente el vértigo cuando una persona se sienta o se levanta (hipotensión ortostática). La anemia también puede causar fatiga intensa, falta de respiración, dolor en el pecho, y si es lo suficientemente grave, la muerte (Merck, 2005).

La rapidez con que se pierde la sangre es un factor determinante de la intensidad de los síntomas. Cuando la pérdida de sangre es rápida (durante varias horas o menos), la pérdida de sólo un tercio del volumen sanguíneo del organismo puede ser fatal. Cuando la pérdida de sangre es más lenta (durante varios días, semanas o mucho más tiempo), la pérdida de hasta dos tercios del volumen sanguíneo puede causar sólo fatiga y debilidad o no causar ningún síntoma en absoluto (Merck, 2005).

3.2.3.2 PRODUCCIÓN ESCASA DE GLÓBULOS ROJOS

Se necesitan muchos nutrientes para producir los glóbulos rojos. Los más importantes son el hierro, la vitamina B12 y el ácido fólico, pero el organismo necesita también cantidades mínimas de vitamina C, riboflavina y cobre, así como un equilibrio apropiado de hormonas, sobre todo la eritropoyetina (hormona que estimula la producción de glóbulos rojos). Sin estos nutrientes y hormonas, la producción de los glóbulos rojos es lenta e inadecuada y las células pueden deformarse y resultar incapaces de transportar el oxígeno adecuadamente. Las enfermedades crónicas también pueden ocasionar una disminución en la producción de los glóbulos rojos (Merck, 2005).

3.2.3.3 DESTRUCCIÓN AUMENTADA DE LOS GLÓBULOS ROJOS

Los glóbulos rojos tienen una vida media de aproximadamente 120 días. Cuando envejecen, la médula ósea, el bazo y el hígado se encargan de disminuirlos. Si una enfermedad destruye los glóbulos rojos prematuramente (hemólisis), la médula ósea intenta compensar esta pérdida produciendo otros nuevos glóbulos rojos rápidamente (hasta 10 veces más que la proporción normal). Cuando la destrucción de los glóbulos rojos excede su producción, se produce una anemia hemolítica. Esta anemia no es tan frecuente como las anemias causadas por la pérdida de sangre o por la disminución de la producción de glóbulos rojos (Merck, 2005).

La destrucción de los glóbulos rojos aumenta cuando aparecen ciertos factores. El bazo puede agrandarse (esplenomegalia), algún obstáculo en el flujo sanguíneo puede romper las células y ciertos anticuerpos pueden combinarse con los glóbulos rojos y hacer que el sistema inmune los destruya a causa de una reacción autoinmune. A veces los glóbulos rojos son destruidos por presentar anomalías en su forma, superficie, función o en el tipo de hemoglobina que contienen. La destrucción de los glóbulos rojos puede tener lugar en trastornos como el lupus eritematoso sistémico y en ciertos cánceres, particularmente los linfomas. Varios fármacos como la metildopa, la dapsona y la sulfamidas también pueden destruir los glóbulos rojos (Merck, 2005).

Los síntomas de anemia hemolítica son similares a los de otras anemias. A veces la hemólisis es súbita y grave y ocasiona una crisis hemolítica que se manifiesta con escalofríos, fiebre, dolor de espalda y estómago, dolores leves de cabeza y un marcado descenso de la presión de la sangre. La ictericia y la orina oscura pueden producirse porque el contenido de los glóbulos rojos dañados se vierte a la sangre. El bazo se agranda puesto que es el encargado de eliminar los glóbulos rojos dañados; en ocasiones, esto produce dolor abdominal. La hemólisis prolongada puede producir cálculos biliares pigmentados, un tipo poco frecuente de cálculo biliar compuesto por los elementos oscuros de los glóbulos rojos (Merck, 2005).

3.2.4 ANEMIA POR DEFICIENCIA DE HIERRO

El organismo recicla el hierro: cuando los glóbulos rojos mueren, el hierro presente en ellos vuelve a la médula ósea para ser reutilizado en la formación de nuevos glóbulos rojos. El cuerpo pierde importantes cantidades de hierro cuando se pierden grandes cantidades de glóbulos rojos durante una hemorragia. El déficit de hierro es una de las causas más frecuentes de anemia. En los adultos, este déficit se debe esencialmente a la hemorragia, mientras que en los bebés y niños, que necesitan más hierro por estar en edad de crecimiento, la causa principal de este déficit es una dieta pobre en hierro. En las mujeres durante la posmenopausia y en los varones, el déficit de hierro indica habitualmente una pérdida de sangre por el aparato gastrointestinal. El sangrado menstrual puede causar déficit de hierro en mujeres durante el período premenopáusico (Merck, 2005).

Habitualmente el hierro contenido en una dieta normal no puede compensar la pérdida del mismo por un sangrado crónico, ya que el cuerpo tiene una reserva muy pequeña de hierro. Por consiguiente, el hierro perdido debe reemplazarse con suplementos (Merck, 2005).

Las mujeres embarazadas toman suplementos de hierro debido a que el feto en desarrollo consume grandes cantidades de este elemento (Merck, 2005).

En los países desarrollados, la dieta promedio contiene aproximadamente 6 miligramos de hierro por cada 1000 calorías de alimento, por lo que la persona consume un promedio de 10 a 12 miligramos de hierro por día. Muchos alimentos contienen hierro, pero la carne es su mejor fuente. Las fibras vegetales, los fosfatos, el salvado y los antiácidos disminuyen la absorción del hierro al unirse a éste. La vitamina C (ácido ascórbico) puede aumentar la absorción del hierro. El cuerpo absorbe de 1 a 2 miligramos de hierro diariamente por medio de los alimentos, que es prácticamente igual a la cantidad que el cuerpo pierde normalmente cada día (Merck, 2005).

3.2.4.1 DESARROLLO DE LA ANEMIA POR DEFICIENCIA DE HIERRO

La anemia por carencia de hierro normalmente se presenta en forma gradual por etapas. Los síntomas aparecen en las fases avanzadas como se muestra a continuación en la figura 3-2:

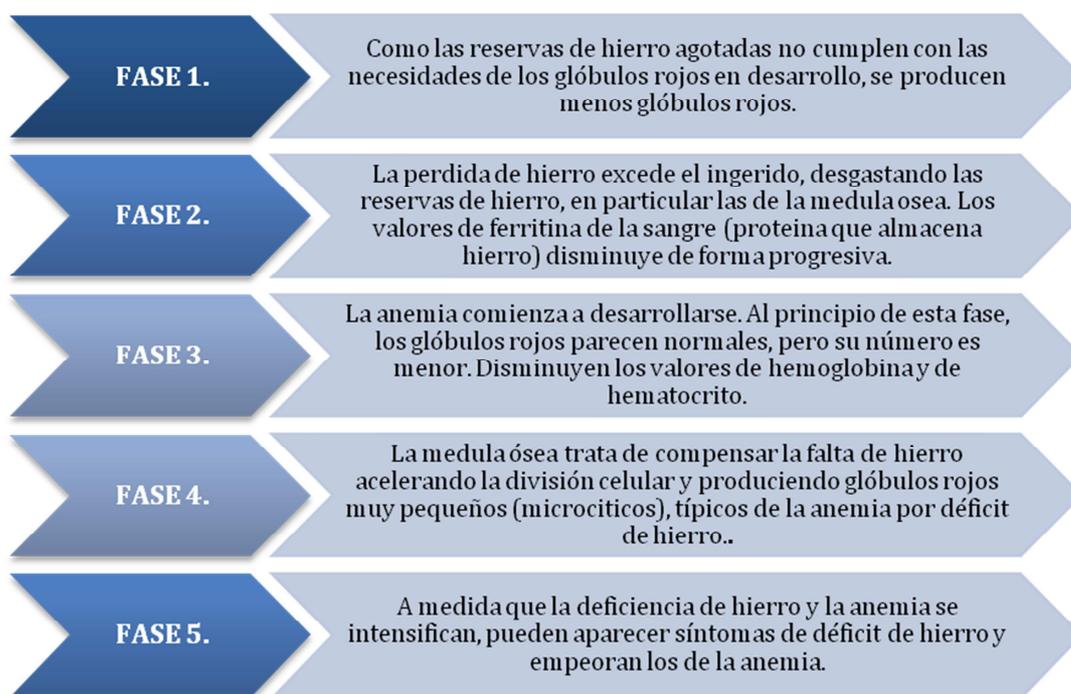


Figura 3-2. Desarrollo de la Anemia por deficiencia de hierro. (MERCK, 2005)

3.2.4.2 SÍNTOMAS

La anemia puede llegar a causar fatiga, falta de respiración, incapacidad para hacer ejercicio y otros síntomas. El déficit de hierro puede producir sus propios síntomas, como la pica

(apetencia de elementos no alimenticios como hielo, tierra o almidón puro), inflamación de la lengua (glositis), cortes en las comisuras de la boca (queilosis) y en las uñas, que se deforman adoptando una forma similar a cucharas (coiloniquia) (Merck, 2005).

3.2.4.3 DIAGNÓSTICO

Para diagnosticar una anemia se realizan análisis de sangre y también unas pruebas para detectar el déficit de hierro. En la sangre, se determinan los valores de hierro y de la transferrina (proteína que transporta el hierro cuando no se encuentra en los glóbulos rojos) y se comparan entre sí. Si menos del 10 por ciento de la transferrina se encuentra saturado con hierro, es probable que exista un déficit de hierro (Merck, 2005).

Sin embargo, el análisis más sensible para detectar el déficit de éste es la evaluación de la cantidad de ferritina (proteína que almacena el hierro). Un valor bajo de la ferritina indica un déficit de hierro; sin embargo, a veces se detecta un déficit de hierro a pesar de que los valores de ferritina sean normales, porque éstos pueden aumentar artificialmente debido a una lesión del hígado, una inflamación, una infección o un cáncer (Merck, 2005).

En ciertos casos, se necesitan análisis más sofisticados para llegar al diagnóstico. El análisis más específico es un examen de las células de la médula ósea en el cual se examina al microscopio una muestra de estas células para determinar su contenido en hierro (Merck, 2005).

3.2.5 TRATAMIENTO CONTRA LA ANEMIA SEGÚN SU TIPOLOGÍA

Los tratamientos contra la anemia dependen de las tipologías y orígenes de esta enfermedad en el cuerpo humano en este sentido:

Un aspecto fundamental en el tratamiento de las anemias consiste en administrar una terapia específica, lo que implica la necesidad de establecer un diagnóstico específico. De hecho, la respuesta al tratamiento corrobora el diagnóstico. Si bien el tratamiento con múltiples fármacos puede proporcionar una remisión transitoria de la anemia, este tipo de terapia no está justificada a causa del riesgo que entraña de secuelas graves. La transfusión de hematíes es una forma de resolución instantánea que debe reservarse para pacientes con síntomas cardiopulmonares, signos de hemorragia activa incontrolable o alguna forma de insuficiencia orgánica hipoxémicaterminal (Merck, 1999).

Por lo que se debe tratar la anemia de la manera siguiente de acuerdo a la causa que lo origine:

3.2.5.1 TRATAMIENTO EN CASO DE HEMORRAGIA

El tratamiento depende de la rapidez de la pérdida de sangre y de la gravedad de la anemia. La transfusión de glóbulos rojos es el único tratamiento eficaz para la pérdida aguda de sangre súbitamente o la anemia grave. Así mismo, es necesario localizar el origen de la hemorragia y detenerla. Cuando la pérdida de sangre es más lenta o la anemia menos grave, el cuerpo puede producir suficientes glóbulos rojos como para corregir la anemia sin necesidad de transfusión. Debido a que durante la hemorragia se pierde hierro, que es necesario para producir glóbulos rojos, la mayoría de las personas que tienen anemia necesitan tomar suplementos de hierro, presentado habitualmente en forma de comprimidos (Merck, 2005).

3.2.5.2 TRATAMIENTOS CUANDO HAY ESCASEZ DE GLOBULOS ROJOS (DEFICIENCIAS VITAMÍNICAS).

Algunos tratamientos para deficiencias de este tipo son:

1. El tratamiento de la deficiencia de **vitamina B12** o de la anemia perniciosa consiste en reemplazar la vitamina B12. Debido a que la mayoría de las personas que padecen esta deficiencia no pueden absorber la vitamina B12 tomada por la boca, deben tomarla en inyección (Merck, 2005). Al principio, se administran inyecciones diarias o semanales durante varias semanas hasta que los valores de la vitamina B12 en la sangre vuelven a la normalidad; después se administra una inyección al mes. Las personas que padecen esta deficiencia deben tomar suplementos de vitamina B12 durante toda la vida (Merck, 2005).
2. Si se diagnostica deficiencia de **ácido fólico**, el tratamiento habitualmente consiste en tomar un comprimido de esta vitamina cada día. Las personas que tienen dificultades para absorber el ácido fólico deben tomar suplementos del mismo durante toda la vida (Merck, 2005).
3. Cuando se diagnostica anemia por deficiencia de **vitamina C** midiendo los valores de vitamina C en los glóbulos blancos. Un comprimido de vitamina C al día corrige el déficit y cura la anemia (Merck, 2005).

3.2.5.3 DEFICIENCIA DESTRUCCIÓN AUMENTADA DE LOS GLÓBULOS ROJOS (Ejemplo: DREPANOCITOSIS)

La drepanocitosis es una enfermedad hereditaria caracterizada por glóbulos rojos con forma de hoz y anemia hemolítica crónica (Merck, 2005).

La drepanocitosis no se cura, por lo que el tratamiento está dirigido a prevenir las crisis, controlar la anemia y aliviar los síntomas. Las personas que padecen esta enfermedad deben evitar las actividades que reducen la cantidad de oxígeno en la sangre y deben ver a un médico de inmediato incluso por enfermedades de menor importancia, como las infecciones víricas. Como estas personas corren un mayor riesgo de infección, deben vacunarse contra neumococos y Hemophilusinfluenzae(Merck, 2005).

Las crisis de drepanocitosis pueden requerir hospitalización. Se le administra al paciente una gran cantidad de líquidos por vía intravenosa y medicamentos para aliviar el dolor. Los medicamentos para controlar la drepanocitosis, como la hidroxiurea, se encuentran en fase de investigación. La hidroxiurea incrementa la producción de una forma de hemoglobina que se encuentra presente predominantemente en el feto y que reduce la cantidad de glóbulos rojos que adoptan la forma de una hoz. Por lo tanto, reduce la frecuencia de las crisis de drepanocitosis (Merck, 2005).

La médula ósea de un miembro de la familia o de otro donante que no presente el gen de drepanocitosis puede trasplantarse a una persona que padece la enfermedad. La terapia con genes, una técnica por la cual se implantan genes normales en células precursoras (células que producen células sanguíneas), es una forma de tratamiento todavía en estudio (Merck, 2005).

3.2.5.4 TRATAMIENTO EN CASO DE DEFICIENCIA DE HIERRO

Siendo el sangrado excesivo la causa más frecuente del déficit de hierro, el primer paso es localizar su origen y detener la hemorragia. Los medicamentos o la cirugía pueden ser necesarios para controlar el sangrado menstrual excesivo, para tratar una úlcera sangrante, para reseca un pólipo del colon o para tratar una hemorragia renal (Merck, 2005).

Habitualmente, el tratamiento incluye el reemplazo del hierro perdido. La mayoría de los comprimidos de hierro contiene sulfato ferroso, gluconato férrico o un polisacárido. Tales

comprimidos se absorben mejor cuando se ingieren 30 minutos antes de las comidas (Merck, 2005).

En general, un comprimido de hierro al día es suficiente, pero a veces se requieren dos. Siendo limitada la capacidad del intestino para absorber hierro, es un desperdicio dar mayores dosis y además puede causar indigestión y estreñimiento. El hierro casi siempre oscurece las heces (un efecto secundario normal y no perjudicial) (Merck, 2005).

La corrección de la anemia por déficit de hierro con suplementos de este metal tarda entre 3 y 6 semanas, incluso después de que la hemorragia haya cesado. Una vez que se ha corregido la anemia, el sujeto debe seguir tomando suplementos de hierro durante 6 meses para reponer las reservas del cuerpo. Se realizan análisis de sangre de forma periódica para asegurarse de que el suplemento de hierro ingerido es suficiente y que la pérdida de sangre se ha detenido (Merck, 2005).

El hierro por vía inyectable se emplea poco y se usa en las personas que no toleran los comprimidos o/y en las que siguen sangrando mucho. Independientemente de la forma de administración del hierro, ya sea en comprimidos o inyecciones, el tiempo para recuperarse de la anemia es el mismo (Merck, 2005).

3.3 ESTADISTICAS GENERALES SOBRE LA ANEMIA Y SU PREVALENCIA EN EL SALVADOR

A pesar de que los cálculos de la prevalencia de la anemia varían mucho y a menudo no hay datos exactos, puede suponerse que en regiones de pocos recursos una proporción considerable de niños de corta edad y de mujeres en edad fértil padecen anemia (Benoist, 2004).

La OMS calcula que en el mundo hay aproximadamente un total de 2.000 millones de personas anémicas, y que cerca del 50% de los casos pueden atribuirse a la carencia de hierro (UNICEF, 2004).

Existe documentada información sobre los efectos más dramáticos en la salud y el incremento de riesgo de muerte materno y del niño debido a la anemia severa. Por ello, la OMS y la UNICEF recalcan la necesidad urgente de combatir la anemia y ponen de relieve la importancia de reconocer su origen multifactorial para que se elaboren programas eficaces de control. (Benoist, 2004).

3.3.1 PREVALENCIA DE LA ANEMIA EN EL MUNDO Y EN AMERICA LATINA

Para facilitar con estimados y comprender la prevalencia de anemia en el mundo y en nuestro país presentamos a continuación los siguientes datos obtenidos de diferentes organizaciones:

3.3.1.1 DATOS MUNDIALES

A nivel mundial se recopila información distribuida en grupos poblacionales por cada región del mundo de acuerdo a las Naciones Unidas, tanto en números porcentuales como en cantidades de millones de personas afectadas por la anemia, así como por el Índice de nivel de desarrollo, como se muestra en la Tabla 3-1:

Tabla 3-1. Porcentaje de personas afectadas por anemia a nivel mundial.

Categoría	Pre Escolares	Mujeres en edad Fértil	Mujeres Embarazadas	Escolares	Hombres	Ancianos
Global (192)	76.1	73.5	69.0	33.0	40.2	39.1
Regiones						
África (53)	76.7	63.6	65.3	18.6	32.0	1.8
Asia (47)	82.1	88.8	80.9	37.0	47.6	54.1
Europa (41)	19.2	23.9	0.9	12.9	15.9	8.7
Centro América y el Caribe (33)	70.5	37.5	38.4	28.9	0.1	0.0
Norte América (2)	92.4 (1)	89.9 (1)	92.8 (1)	91.3 (1)	89.9 (1)	89.6 (1)
Oceanía (16)	5.1	16.5	4.7	15.1	15.6	15.1
Nivel de desarrollo						
Alto (59)	50.5	59.5	15.1	51.3	50.0	46.2
Medio (94)	80.5	76.5	73.2	36.4	40.6	39.1
Bajo (39)	67.9	68.1	58.0	7.1	18.4	0.0

Fuente: McLean. WHO, 1993-2005.

También cabe mencionar que la edad en una persona es un factor importante a tomar en cuenta a la hora de examinar la prevalencia de la anemia o en el caso de las mujeres su posible estado de embarazo, tal y como se muestra tanto en la Tabla 3-2 como en la Figura 3-3.

Tabla 3-2. Grupos poblacionales afectados por anemia

Categoría	Descripción
Pre Esc	Niños preescolares (0.00 a 4.99 años)
MEF	Mujeres en edad fértil (15.00 – 49.99 años)
ME	Mujeres embarazadas
Esc	Niños en edad escolar (5.00 – 14.99 años)
Hombres	Hombres (15.00 – 59.99 años)
Ancianos	Ancianos (\geq 60.00 años)

Fuente: McLean. WHO, 1993-2005.

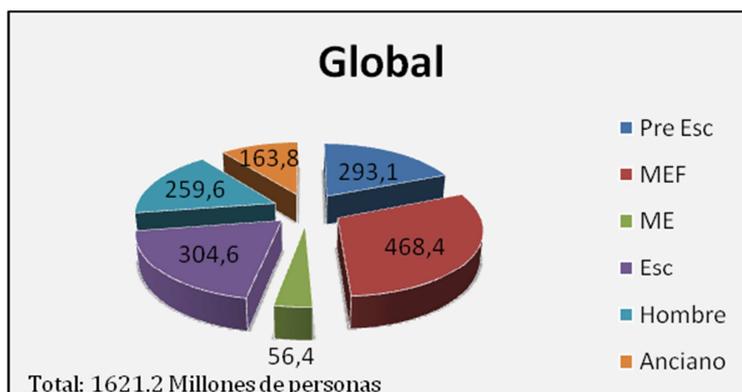


Figura 3-2. Número en millones de personas afectadas en diferentes grupos de ciudadanos. (WHO, 2008).

Como dato adicional también se presenta en la tabla 3-3 un cuadro comparativo por continentes la prevalencia de la anemia en preescolares, embarazadas y mujeres en edad fértil.

Tabla 3-3. Anemia en preescolares, embarazadas y mujeres en edad fértil.

Región	PRE ESC		MEF		ME	
	Prevalencia %	Nº de afectados	Prevalencia %	Nº de afectados	Prevalencia %	Nº de afectados
África	64.6	93.2	44.4	82.9	55.8	19.3
Asia	47.7	170.0	33.0	318.3	41.6	31.7
Europa	16.7	6.1	15.2	26.6	18.7	1.4
Centro América y el Caribe	39.5	22.3	23.5	33.0	31.1	3.6
Norte América	3.4	0.8	7.6	6.0	6.1	0.3
Oceanía	28.0	0.7	20.2	1.5	30.4	0.2

Fuente: McLean. WHO, 1993-2005.

3.3.1.2 DATOS REGIONALES

Los tres grupos más importantes y los más afectados por esta enfermedad son los preescolares, las mujeres en edad fértil y las mujeres embarazadas, en las figuras 3-4, 3-5 y 3-6 se muestran las estadísticas de prevalencia de anemia de estos tres grupos a nivel de Latinoamérica, mientras que la tabla 3-4 ayuda a interpretar las gráficas de las figuras antes mencionadas.

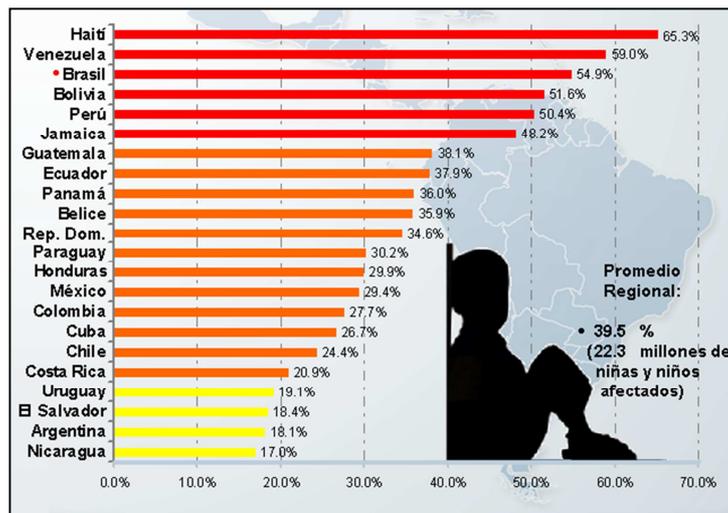


Figura 3-4. Prevalencia de Anemia en niñas y niños < 5 años. (OMS, 2008)

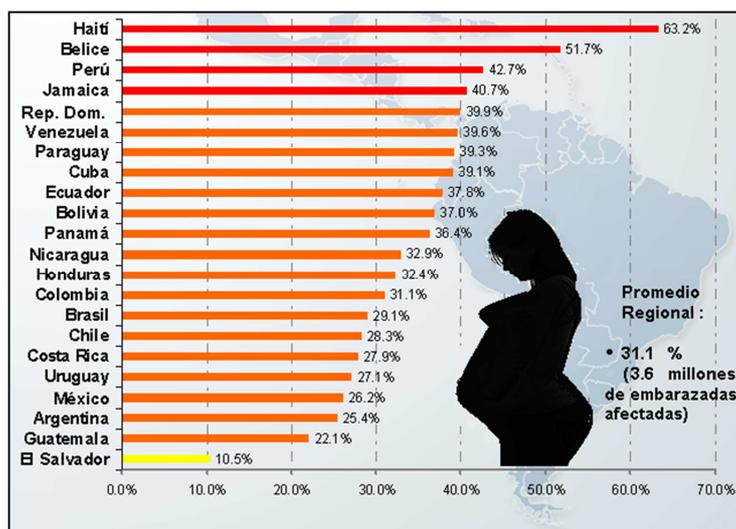


Figura 3-5. Prevalencia de Anemia en mujeres embarazadas. (OMS, 2008)

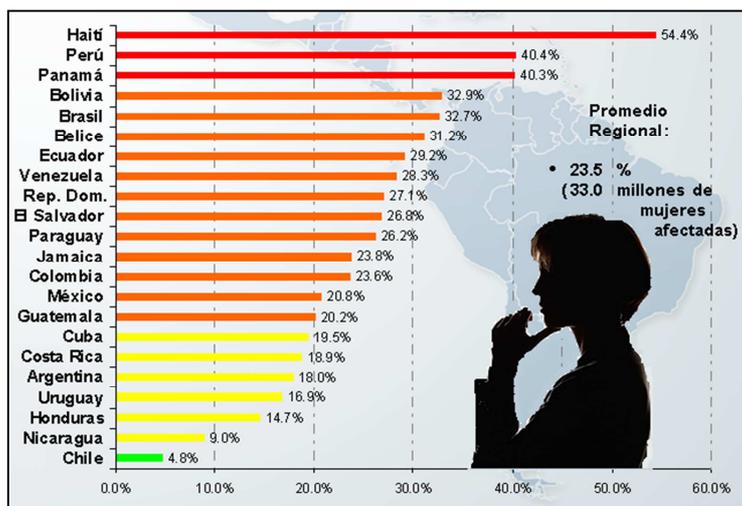


Figura 3-6. Prevalencia de Anemia en mujeres en edad fértil. (OMS, 2008)

Tabla 3-4. Clasificación de la anemia según prevalencia en cada país.

Prevalencia de Anemia (%) -Clasificación	
Clasificación	Color
≥ 40.0 - Severo	Rojo
20.0 - 39.9 - Moderado	Anaranjado
5.0 - 19.9 - Leve	Amarillo
≤ 4.9- Sin Problema	verde

Fuente: WHO, 2001.

3.3.2 ESTADISTICAS SOBRE LA ANEMIA EN EL SALVADOR

Durante años se han realizado diversas encuestas relacionadas a la anemia, en nuestro país, muchas de ellas clasifican dichos informes en grupos de personas de acuerdo a su condición, estatus social y económico, pero sobre todo, de acuerdo a la edad, encontrando así una prevalencia muy marcada en edades preescolares tanto para niños como niñas, así como mujeres en edad fértil. Con los denominadores encontrados en las encuestas se puede afirmar que la prevalencia de anemia está empeorando desde 1998.

Por ejemplo de acuerdo a la encuesta FESAL (2008) en 1998 la prevalencia se estimó en 19 por ciento y en 2002/03 subió a 20. En 2008, con la cifra del 23 por ciento, la prevalencia de anemia aumentó más del 20 por ciento en los últimos 10 años (4 puntos porcentuales). El incremento fue casi el doble en el área rural, llegando a 25 por ciento. Un diferencial notable del incremento se asocia en sentido inverso con el nivel educativo. En los últimos 10 años, el grupo de niños(as) cuyas madres tienen 10 o más años de escolaridad presenta el menor

incremento, mientras que en el grupo cuyas madres no tienen educación formal se incrementó el 51 por ciento (10 puntos porcentuales). Además del mayor incremento en el área rural, se observa un aumento mayor entre los varones que entre las niñas, así como a partir de los 2 años cumplidos.

Al incluir en el denominador al grupo de 6 a 11 meses de edad, se estimó la prevalencia de anemia en 26 por ciento. Esta cifra desciende del 46 por ciento en el grupo de 6 a 11 meses al 33 por ciento en el de 12 a 23 meses, hasta llegar al 15 por ciento en el de 48 a 59 meses. Enfocando el análisis en el grupo de 6 a 11 meses, se puede afirmar que la mayor prevalencia se encuentra entre quienes pertenecen al quintil más bajo de bienestar (59 por ciento), entre las y los niños cuyas madres no tienen educación formal (54 por ciento), quienes viven en el área rural (51 por ciento) y en la región Oriental de Salud (50 por ciento) (FESAL, 2008).

Por su parte, la prevalencia de anemia en mujeres en edad fértil resultó ser del 10 por ciento. Los grupos que presentan cifras arriba de este promedio se encuentran en la región Oriental de Salud (12 por ciento), pero particularmente en el departamento de La Unión (17 por ciento) y entre las madres con hijos(as) menores de 3 meses de edad. En el caso de las embarazadas, pareciera que a mayor edad gestacional, presentan mayor prevalencia de anemia (FESAL, 2008).

3.3.2.1 DATOS NACIONALES

La FESAL (2008), así como la WHO en su informe Global de la Anemia (2007), presentan información importante sobre la prevalencia de la anemia en El Salvador, por lo que se considera importante presentar parte de la información recopilada de la Encuesta Nacional de Salud Familiar (FESAL) desde 1998 hasta 2008, mostradas y clasificadas a continuación en las Figuras 3-7 y 3-8 así como en las tablas 3-5, 3-6 y 3-7.

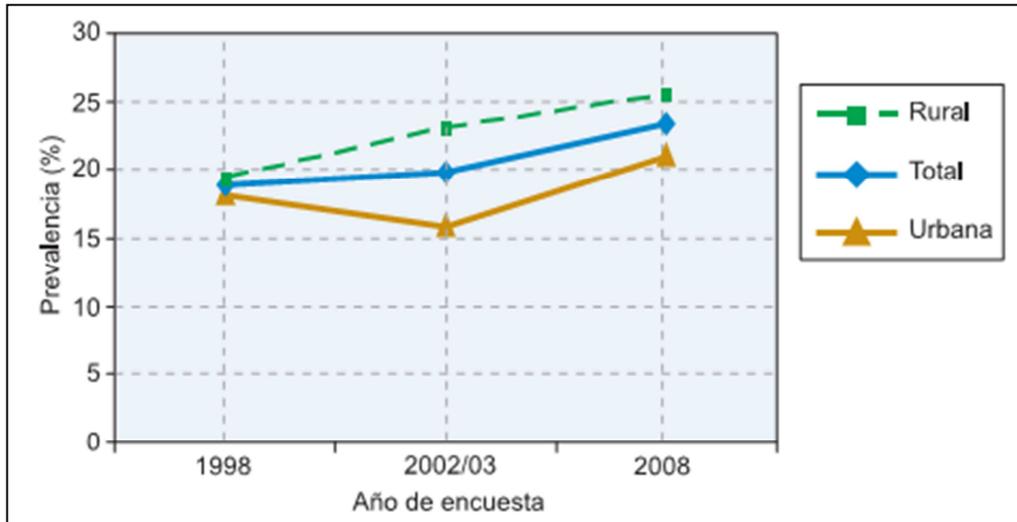


Figura 3-7. Tendencia de la anemia en niños(as) de 12 a 59 meses, por área de residencia. (FESAL, 2008)

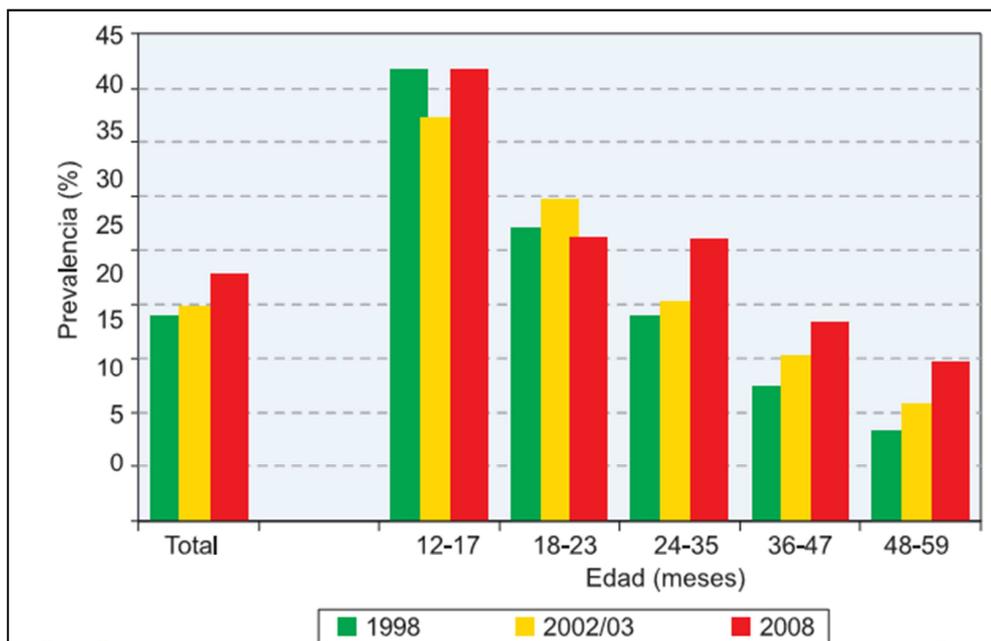


Figura 3-8. Prevalencia de anemia en niños(as) de 12 a 59 meses de edad, por edad a la toma de muestra. (FESAL, 2008)

Tabla 3-5. Tendencias de la prevalencia de anemia en la población menor de 5 años, según características seleccionadas: Niños(as) de 12 a 59 meses de edad.

Características seleccionadas	Prevalencia de la anemia					
	FESAL-98		FESAL 2002/03		FESAL 2008	
Total	18,90	5.078,00	19,80	3.882,00	22,90	(3349)**
Sexo						
Masculino	18,80	2.603,00	21,10	2.031,00	23,90	1.761,00
Femenino	19,00	2.475,00	18,20	1.851,00	21,80	1.588,00
Edad a la toma de la muestra (meses)						
12-17	41,70	636,00	37,20	461,00	41,60	335,00
18-23	27,10	682,00	29,60	426,00	26,20	464,00
24-35	18,90	1.263,00	20,20	1.007,00	26,10	859,00
36-47	12,40	1.272,00	15,40	979,00	18,40	856,00
48-59	8,40	1.225,00	10,90	1.009,00	14,70	835,00
Área de residencia						
Urbana	18,10	1.833,00	15,80	1.545,00	20,40	1.422,00
Rural	19,40	3.245,00	23,10	2.337,00	25,00	1.927,00
Nivel educativo de la madre (años)						
Ninguno	119,50	1.241,00	23,20	701,00	29,50	399,00
1-3	17,50	1.226,00	24,40	846,00	25,30	634,00
4-6	20,10	1.245,00	22,10	939,00	23,40	766,00
7-9	20,70	746,00	16,80	690,00	23,40	751,00
10 o mas	16,30	620,00	12,90	706,00	17,40	799,00

Fuente: Encuestas FESAL-98, FESAL-2002/03 y FESAL-2008

Tabla 3-6. Tendencias de la prevalencia de anemia, según área de residencia y nivel educativo: Mujeres en edad fértil madres de niños(as) menores de 5 años de edad.

Área de residencia y nivel educativo	FESAL-98		FESAL 2002/03		FESAL 2008	
Total **	8,8	(4558)	8,8	(3777)	10	(3633)
Área de residencia						
Urbana	9,2	(1769)	8,5	(1660)	9,8	(1640)
Rural	8,5	(2789)	9,1	(2117)	9,5	(1993)
Nivel educativo						
Ninguno	10,7	(1007)	8,0	(600)	9,6	(359)
1-3	8,1	(1049)	9,3	(743)	9,0	(618)
4-6	7,7	(1086)	10,4	(896)	10,6	(838)
7-9	9	(755)	10,1	(740)	10,2	(855)
10 o mas	9,1	(661)	6,0	(798)	8,8	(963)

Fuente: Encuestas FESAL-98, FESAL-2002/03 y FESAL-2008

Tabla 3-7. Prevalencia de anemia, según meses de embarazo: Mujeres de 15 a 49 años de edad actualmente embarazadas.

Meses de embarazo	Prevalencia de anemia	No. De casos (no ponderado)
Total	7,5	(296)
Menos de 4	1,6	(79)
4-6	5,7	(138)
7-9	17,2	(79)

Fuente: Encuesta FESAL-2008

4 IMPORTANCIA DEL HIERRO SOBRE LA SALUD

4.1 PROPIEDADES FÍSICAS Y QUÍMICAS DEL HIERRO

Hierro, Elemento químico, símbolo Fe, número atómico 26 y peso atómico 55.847. El hierro es el cuarto elemento más abundante en la corteza terrestre (5%). Es un metal maleable, tenaz, de color gris plateado y magnético. Los cuatro isótopos estables, que se encuentran en la naturaleza, tienen las masas 54, 56, 57 y 58. Los dos minerales principales son la hematita, Fe_2O_3 , y la limonita, $\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$. Las piritas, FeS_2 , y la cromita, $\text{Fe}(\text{CrO}_2)_2$, se explotan como minerales de azufre y de cromo, respectivamente. El hierro se encuentra en muchos otros minerales y está presente en las aguas freáticas y en la hemoglobina roja de la sangre (FAO, 2002).

En la tabla 4-1 se muestra un cuadro resumen de las propiedades más importantes del hierro.

Tabla 4-1. Propiedades físicas y químicas del Hierro.

Nombre	Hierro
Número atómico	26
Valencia	2,3
Estado de oxidación	3
Electronegatividad	1,8
Radio covalente (Å)	1,25
Radio iónico (Å)	0,64
Radio atómico (Å)	1,26
Configuración electrónica	[Ar]3d ⁶ 4s ²
Primer potencial de ionización (eV)	7,94
Masa atómica (g/mol)	55,847
Densidad (g/ml)	7,86
Punto de ebullición (°C)	3000
Punto de fusión (°C)	1536

4.2 FUNCIONES DEL HIERRO EN EL CUERPO HUMANO

La mayor parte del hierro corporal está presente en los glóbulos rojos, sobre todo como componente de la hemoglobina. Gran parte del resto se encuentra en la mioglobina, compuesto que se halla por lo general en los músculos, y como ferritina que es el hierro almacenado, de modo especial en hígado, bazo y médula ósea. Hay pequeñas cantidades adicionales ligadas a la proteína en el plasma sanguíneo y en las enzimas respiratorias (FAO, 2002).

La principal función biológica del hierro es el transporte de oxígeno a varios sitios del cuerpo. La hemoglobina en los eritrocitos es el pigmento que lleva el oxígeno de los pulmones a los tejidos. La mioglobina, en el tejido muscular del esqueleto y el corazón, capta el oxígeno de la hemoglobina. El hierro también está en la peroxidasa, la catalasa y los citocromos (FAO, 2002).

El hierro es un elemento que ni se agota ni se destruye en un cuerpo que funcione normalmente. A diferencia de algunos minerales, el hierro no necesita excretarse, y sólo cantidades muy pequeñas aparece en la orina y el sudor. Hay cantidades minúsculas que se pierden en las células de descamación de la piel y del intestino, en el cabello que se desprende, en las uñas y en la bilis y otras secreciones corporales. El cuerpo es, sin embargo, eficiente, económico y conservador en el uso del hierro. El hierro liberado cuando los eritrocitos envejecen y se agotan, se absorbe y utiliza una y otra vez para la producción de nuevos eritrocitos. Esta economía del hierro es importante. En circunstancias normales, sólo se pierde del cuerpo, más o menos 1 mg de hierro al día, por excreción en los intestinos, la orina, el sudor o a través de la pérdida de cabello o células epiteliales superficiales (FAO, 2002).

Debido a que el hierro se conserva, las necesidades nutricionales de las mujeres postmenopáusicas y los varones sanos son muy pequeñas. Las mujeres en edad fértil, sin embargo, deben reemplazar el hierro perdido durante la menstruación y el parto y deben satisfacer las necesidades adicionales del embarazo y la lactancia. Los niños tienen relativamente necesidades altas debido a su rápido crecimiento, que compromete aumentos no sólo en el tamaño corporal sino además, en el volumen sanguíneo (FAO, 2002).

4.3 TIPO DE HIERRO ABSORBIDO POR EL CUERPO HUMANO

El contenido promedio de hierro en un adulto sano es solamente de 3 a 4 g, aunque esta cantidad relativamente pequeña es vital (FAO, 2002).

La absorción del hierro se lleva a cabo sobre todo en la porción superior del intestino delgado. La mayoría del hierro entra al torrente circulatorio directamente y no a través del sistema linfático. La evidencia indica que la demanda fisiológica regula, hasta cierto punto, la absorción. Las personas que tienen carencia de hierro, tienden a absorber hierro más eficientemente y en mayores cantidades que las personas normales (FAO, 2002).

Muchos otros factores afectan la absorción de hierro. Por ejemplo, los táranos, los fosfatos y los fitatos en los alimentos reducen la absorción de hierro, mientras que el ácido ascórbico la aumenta. Algunos estudios han indicado que la yema de huevo, a pesar de su contenido relativamente alto de hierro, inhibe la absorción de hierro - no sólo el hierro de la yema de huevo misma, sino además la absorción del hierro en otros alimentos (FAO, 2002).

Las personas sanas normalmente absorben sólo de 5 a 10 por ciento del hierro de sus alimentos, mientras que las personas con carencia de hierro pueden absorber el doble de esa cantidad. Por lo tanto, en una dieta que suministra 15 mg de hierro, una persona normal absorbería de 0,75 a 1,5 mg de hierro, pero la persona con carencia de hierro absorbería hasta 3 mg. La absorción de hierro casi siempre aumenta durante el crecimiento y el embarazo, después de una hemorragia y en otras condiciones en las que la demanda de hierro es mayor (FAO, 2002).

Es importante el hecho que la disponibilidad de hierro varía ampliamente en los alimentos. La absorción del hierro hemínico (de la sangre) en alimentos de origen animal (carne, pescado y pollos) por lo general es muy alta, mientras que el hierro no hemínico de alimentos como cereales, hortalizas, raíces y frutas se absorbe pobremente (FAO, 2002).

Sin embargo, las personas consumen comidas y no un solo alimento exclusivo, y una pequeña cantidad de hierro hemínico que se ingiera con una comida donde la mayor parte del hierro es no hemínico, aumentará la absorción de todo el hierro. Por lo tanto, si se agrega una cantidad muy pequeña de hierro hemínico, quizás de pescado o carne, a una medida grande de arroz o maíz que contiene hierro no hemínico, resultará una absorción mucho mayor del hierro del cereal básico. Si esta comida también incluye frutas u hortalizas, la vitamina C en ellas

aumentará también la absorción de hierro. Sin embargo, si se consume té con esa comida, el tanino presente en el té reducirá la absorción de hierro (FAO, 2002).

4.3.1 EL AGUA COMO PORTADOR DE HIERRO

La fortificación de alimentos procesados comercialmente se ha considerado como la razón por la cual muchas deficiencias de minerales y vitaminas han desaparecido en los países desarrollados. Fortificación también es utilizada en países en vías de desarrollo y ha presentado beneficios. La deficiencia de hierro considerado el problema nutricional más importante en el mundo, está lejos de ser solucionado y la factibilidad de utilizar un portador universal, adecuado, disponible ha sido considerado. Muchos portadores se han utilizado con este fin con relativo éxito pero como portador universal falta por demostrarse. Alrededor del mundo se han utilizado diferentes alimentos, como harinas, productos de soya, aderezos incluso bebidas; pero estos debido a diferentes factores principalmente el económico no han alcanzado la población meta: los más pobres dado que no disponen de estos alimentos todo el tiempo. Incluso se han utilizado pequeños sobrecitos multivitamínicos con el problema de que no son producidos localmente y no encajan con los hábitos alimenticios de la localidad (Dutra, 2008).

La producción de suplementos médicos de hierro requiere una infraestructura adecuada la cual no está disponible en la mayoría de países en desarrollo y es más difícil encontrar un sistema efectivo como portador nutricional y saludablemente adecuado. Es claro que el problema tiene que ser solventado mediante el uso de un portador adecuado usando la tecnología disponible localmente tanto como sea posible y considerando que los compuestos fortificados ciertamente son necesarios se propone el uso del agua como portador de hierro. El agua está disponible y es consumida universalmente. El agua puede ser portadora de cualquier micronutriente que sea hidrosoluble. Fortificar el agua localmente es una estrategia viable desde el punto de vista físico y experimental operacionalmente viable en muchas comunidades, biológicamente efectivo y de bajo costo. La USAID (La agencia internacional para el desarrollo de Estados Unidos por sus siglas en inglés) la cita como posible portador sin mayores detalles (Dutra, 2008).

Las bebidas fortificadas con micronutrientes y hierro han demostrado reducir la anemia y mejorar la concentración de hemoglobina. (Dutra, 2008)

La siguiente experiencia de campo muestra el agua potable como un portador de hierro para controlar la anemia en niños de edad preescolar en una guardería (Dutra, 2008):

Treinta y un niños de la ciudad de Ribeirão Preto en Brasil en un periodo de ocho meses provenientes de familias de escasos recursos permanecían cinco días a la semana de 7 am a 5 pm se les ofrecía una solución de sulfato de hierro en agua con concentración de 20 mg por litro de hierro elemental. Datos clínicos y antropométricos fueron obtenidos de cada niño los datos fueron medidos antes de la prueba, a los cuatro meses y luego de los ocho meses de la ingestión los valores incrementaron de 10.1 a 13.7 en hemoglobina.

De manera similar al estudio anterior, se repitió el estudio en la misma ciudad de Brasil en familias de escasos recursos en los que todos habían sido diagnosticados con anemia; 88 en total, el grupo fue dividido en tres; uno de control, a otros dos que se les dio agua con sulfato ferroso pero a un grupo de estos dos se le agregó ácido ascórbico; ambos mejoraron su hemoglobina y mejoró aún más en aquellos que se le agregó ácido ascórbico y el grupo de control no mostró algún cambio (Dutra, 2008).

4.4 COMPUESTOS DE HIERRO PARA LA FORTIFICACIÓN DE ALIMENTOS

4.4.1 COMPUESTOS DE HIERRO INORGÁNICO

Los compuestos de hierro inorgánico que pueden utilizarse para la fortificación de alimentos se clasifican como: (a) solubles en agua, (b) poco solubles en agua/solubles en soluciones ácidas y (c) insolubles en agua/poco solubles en soluciones ácidas (OPS/OMS, 2002).

4.4.1.1 SOLUBLES EN AGUA

Los compuestos de hierro solubles en agua incluyen el sulfato ferroso. Su solubilidad es instantánea en el estómago. La absorción puede variar de aproximadamente un 1% a quizás un 50%, según el estado nutricional de hierro del individuo, la presencia de promotores e inhibidores de absorción del hierro en la comida y el contenido de hierro de la comida. La desventaja del sulfato ferroso es que reacciona fácilmente con otras sustancias que existen naturalmente en la matriz alimentaria. Esto puede causar cambios sensoriales (sabor, color y olor) debido a la oxidación de grasas (rancidez). El sulfato ferroso también puede modificar las propiedades físicas del producto final hecho con los alimentos fortificados y precipitarse como complejos de hierro insolubles cuando se usa en preparaciones líquidas. El sulfato ferroso se usa principalmente en la harina de pan que se almacena por menos de dos años. El

costo de este compuesto de hierro es relativamente bajo, tomando en cuenta su biodisponibilidad (OPS/OMS, 2002).

4.4.1.2 POCO SOLUBLES EN AGUA/SOLUBLES EN SOLUCIONES ACIDAS

Estos compuestos se disuelven lentamente en la concentración ácida normal del estómago. El fumarato ferroso es el compuesto principal en esta categoría. Se absorbe tan bien como el sulfato ferroso en los adultos y adolescentes, pero los datos recientes indican que se absorbe menos en las personas con una concentración de ácido gástrico inferior, en particular los niños pequeños. La ventaja de este compuesto es que interactúa menos con la matriz alimentaria, y causa menos cambios sensoriales. Por estas razones, se usa generalmente en los cereales para niños, las bebidas de chocolate y algunos alimentos para el período de destete a base de cereal disponibles en el mercado. El precio del fumarato ferroso es similar al del sulfato ferroso (OPS/OMS, 2002).

4.4.1.3 INSOLUBLES EN AGUA/POCO SOLUBLES EN SOLUCIONES ACIDAS

Este grupo reúne los siguientes compuestos: 1) el hierro elemental, del cual existen tres tipos: a) reducido (reducido por hidrógeno [H-reducido], reducido por monóxido de carbono [CO-reducido] y "Atomet"-reducido), b) electrolítico y c) hierro de carbono; 2) el pirofosfato férrico; y 3) el ortofosfato férrico. Estos compuestos son usados ampliamente por la industria de los alimentos en los países industrializados porque son bastante inertes y tienen efectos muy pequeños sobre las propiedades sensoriales de los alimentos. Sin embargo, su aporte a la absorción de hierro es dudosa debido a sus muy bajos niveles de solubilidad y absorción (OPS/OMS, 2002).

Según el tipo, el hierro elemental es 1.5 a 4 veces más barato que el sulfato ferroso por una cantidad equivalente de hierro, pero más costoso si se incluye la biodisponibilidad en el costo, como veremos más adelante. El único compuesto de hierro elemental sobre el cual existen pruebas de absorción en seres humanos es el hierro electrolítico de partícula pequeña (menos de 45 μm , 325 Mesh). Aún en condiciones alimentarias óptimas, este hierro se absorbe en una cantidad que equivale sólo a la mitad de la absorción de sulfato ferroso. Los otros hierros elementales requieren mejoras estructurales y de superficie y pruebas adicionales para determinar su eficacia biológica antes de poder recomendar su uso como compuestos fortificantes de alimentos para el consumo humano. El uso del pirofosfato férrico y el ortofosfato férrico, que se usan en algunos cereales de desayuno y otros

productos en América del Norte, tampoco es recomendable para la fortificación de alimentos porque sus niveles de solubilidad y absorción en los seres humanos son muy bajos (OPS/OMS, 2002).

La tabla 4.2 muestra un cuadro comparativo de los compuestos de hierro más comunes utilizados para fortificación de alimentos:

Tabla 4-2. Características de los compuestos de hierro usados para la fortificación de alimentos.

Características	Compuestos de hierro				
	Soluble en agua	Soluble en soluciones acidas	Poco soluble en soluciones acidas	Compuestos quelados	Compuestos encapsulados
Ejemplos de compuestos de hierro	Sulfato ferroso	Fumarato ferroso	Hierro electrolítico	NaFeEDTABisglicinato ferroso	Sulfato ferroso encapsulado Fumarato ferroso encapsulado
Reactividad con la matriz alimentaria	ALTA	Intermedia	Muy baja	Baja a intermedia	Baja
Biodisponibilidad con respecto al sulfato ferroso	Equivalente 100%	Equivalente (a) 100%	Baja 20-50%	Equivalente a mayor 100-300%	Equivalente (b) a 100%
Costo basado en contenido de hierro	Intermedio	Intermedio	Bajo	Alto a muy alto	Intermedio a alto
Costo basado en contenido de hierro y biodisponibilidad	Bajo	Bajo	Intermedio	Alto	Intermedio

Fuente: OPS/OMS, guías para América Latina y el Caribe, 2002

5 ESTUDIO EMPIRICO

El estudio empírico de esta investigación se centra principalmente en el desarrollo y formulación de un producto que satisfaga una necesidad, de viable fabricación y que la población meta acepte, para lo cual se ha pensado en la formulación de una bebida cuya matriz principal sea agua naturalmente enriquecida con hierro y con la adición de otros componentes, que esta sirva para fines correctivos contra el problema de la anemia.

La creación de un nuevo producto conlleva varias fases que al menos a nivel de literatura existen tantas opiniones de cómo hacerlo quizás como productos mismos existen, sin embargo para nuestro estudio, hemos estimado conveniente desarrollar en la medida de lo posible las siguientes etapas:

1. Conceptualización del producto
2. Identificación de los factores de calidad del producto
3. Selección de ingredientes y microestructura del producto
4. Generación de alternativas para el proceso de producción
5. Consideración de requerimientos medioambientales en el diseño de productos y normativas.

Bajo estos cinco puntos tratados con anterioridad en el marco teórico, se desarrollaran los dos próximos capítulos de este trabajo de investigación, rigiendo los primeros tres puntos el capítulo conocido como “Estudio empírico”.

El estudio empírico de esta investigación presenta dos componentes básicos como son el desarrollo y formulación óptima del producto “Agua envasada fortificada con hierro” y el diseño del proceso para la producción de dicho producto.

Para el desarrollo de distintas formulaciones de agua envasada fortificada con hierro, se ha tomado como base la composición de formulaciones de productos nutricionales de estaturalidad sugerida por expertos nutricionistas, investigadas bibliográficamente o en productos actualmente comercializados de naturalezas similares al que se desea producir. Tomándose en cuenta, además, todas las regulaciones alimentarias existentes que aseguran la inocuidad del alimento.

5.1 CONCEPTUALIZACION DEL PRODUCTO “AGUA ENVASADA ENRIQUECIDA CON MICRONUTRIENTES”

El agua con alto contenido de hierro es un común denominador en muchas de las zonas de nuestro país, esto debido a diversos factores entre ellos quizás el más visible, la gran cantidad de volcanes activos en un territorio tan pequeño. Observado como un problema siempre para las plantas potabilizadoras de agua, se concibe ahora como una alternativa para ayudar a un problema nacional de salud. La matriz de agua alta en hierro sería muy útil para formular una bebida fortificada con hierro, que tenga la ventaja que el medio principal sea el agua, trayendo esto muchas ventajas al disminuir la cantidad de posibles reacciones con el portador de hierro.

Con esta iniciativa, más económica que muchas existentes hoy en día en el mercado, se pretende llegar a una población más amplia en el país, principalmente a la de escasos recursos, con el fin de ayudar a paliar el problema de la anemia entre ellos.

5.2 IDENTIFICACION DE LOS FACTORES DE CALIDAD DEL PRODUCTO

Para evaluar la calidad del producto a formular, se tomarán en cuenta los siguientes factores:

- a) Evaluación de la calidad organoléptica de distintas formulaciones de agua envasada fortificada con hierro.
- b) Evaluación de la vida de anaquel del producto como función de factores asociados a la conservación del mismo.

5.3 EVALUACION DE LA CALIDAD ORGANOLEPTICA DE FORMULACIONES DE AGUA ENVASADA FORTIFICADA CON HIERRO

La primera fase experimental tiene por objetivo seleccionar la/las formulación(es) con mayor aceptabilidad sensorial.

Por otra parte, el objetivo de desarrollar la segunda fase experimental es evaluar la funcionalidad temporal del producto con la formulación diseñada en función de los resultados obtenidos en la primera etapa experimental. En los apartados 5.4 y 5.5.1 se describe el diseño y análisis de los experimentos para ambas etapas.

5.4 DISEÑO DEL EXPERIMENTO PARA EVALUAR LA CALIDAD ORGANOLEPTICA DE FORMULACIONES DE AGUA ENVASADA FORTIFICADA CON HIERRO

El diseño experimental que se utilizó para evaluar la calidad organoléptica de la formulación del producto es un *diseño de diagnóstico de experimentos de mezclas de componentes con composición restringida*, debido a que si bien es cierto, la proporción de algunos ingredientes a utilizar puede variar, está se encuentra restringida a regulaciones alimentarias y nutricionales condicionadas por la naturaleza del producto. Por otra parte, puesto que las proporciones deben sumar una cantidad fija, generalmente un 100%, los factores no se pueden variar independientemente sobre algún otro.

La formulación del producto *“agua envasada fortificada con hierro”* está basada en la combinación de cinco ingredientes, cuatro de los cuales acotados en cuanto a las cantidades máximas a utilizar en el alimento. Estos ingredientes y sus límites de composición fraccional se presentan en la Tabla 5-1. En el anexo A, se presentan las fichas técnicas y descripción de los ingredientes a utilizar en la formulación del producto.

Tabla 5-1. Ingredientes del “agua envasada fortificada con hierro” y rangos de variación de la composición porcentual en el alimento.

Componente	Composición fraccional mínima	Composición fraccional máxima
Edulcorante: Sucralosa (E)	0	0.00018
Saborizante (S)	0	0.01
Acidificante y estabilizador: Ácido cítrico (AC)	0.00025	0.0005
Aporte mineral: Sulfato ferroso (Sf)	0	0.000011
Agua (A)	0	1

De acuerdo a lo anteriormente expuesto, el experimento se planificó como un *diseño para mezclas de vértices extremos con dos réplicas del punto central para cinco componentes*, con una sola réplica por combinación de ingredientes restringidos en los rangos de composición máxima y mínima y dos replicas para mezclas de los ingredientes restringidos a

composiciones intermedias (puntos centrales). En total se obtuvieron dieciocho datos. El diseño de experimentos resultante se presenta en la tabla 5-2.

Tabla 5-2. Combinaciones de composición fraccional de los Ingredientes del "agua envasada fortificada con hierro" para el diseño de mezclas.

Tratamientos	E	S	AC	Sf	A
1	0	0	0.00025	0	0.99975
2	0.00018	0	0.00025	0	0.99957
3	0	0.01	0.00025	0	0.98975
4	0.00018	0.01	0.00025	0	0.98957
5	0	0	0.0005	0	0.9995
6	0.00018	0	0.0005	0	0.99932
7	0	0.01	0.0005	0	0.9895
8	0	0.01	0.0005	0.000011	0.989489
9	0.00018	0.01	0.0005	0	0.98932
10	0	0	0.00025	0.000011	0.999739
11	0.00018	0	0.00025	0.000011	0.999559
12	0	0.01	0.00025	0.000011	0.989739
13	0.00009	0.005	0.000375	0.0000055	0.99452
14	0.00018	0.01	0.00025	0.000011	0.989559
15	0	0	0.0005	0.000011	0.999489
16	0.00009	0.005	0.000375	0.0000055	0.99452
17	0.00018	0	0.0005	0.000011	0.999309
18	0.00018	0.01	0.0005	0.000011	0.98931

Las variables respuestas a obtener para la evaluación organoléptica de las distintas muestras son: Apariencia Visual, Sabor, Dulzura, Sensación bucal luego de probar la muestra y calidad organoléptica global.

El proceso de medición de las variables respuestas de cada mezcla preparada se llevó a cabo a través de los siguientes pasos:

Paso 1: *Diseño del instrumento de recolección de información*

El instrumento a utilizar fue construido de forma que pudiera capturar integralmente toda la información sensorial relacionada con cada muestra del producto, tal como se muestra a continuación:

ASPECTOS A EVALUAR POR CATADOR	Me disgusta mucho	Me disgusta	Me disgusta levemente	No me gusta ni me disgusta	Me gusta levemente	Me gusta	Me gusta mucho
Apariencia Visual							
Sabor							
Dulzura							
Sensación bucal que persiste después de la ingesta							

La forma de contestar este instrumento es seleccionando y marcando con una “x” la alternativa considerada más adecuada para cada aspecto sensorial evaluado. Para establecer las puntuaciones al analizar la información recolectada es necesario utilizar las siguientes relaciones de equivalencia:

Me disgusta mucho	Me disgusta	Me disgusta levemente	No me gusta ni me disgusta	Me gusta levemente	Me gusta	Me gusta mucho
0	1	2	3	4	5	6

En el anexo B se presenta el instrumento construido.

Paso 2: *Elección del panel evaluador*

Para la realización de esta etapa de la fase experimental se seleccionaron cuatro personas al azar dentro de la Universidad de El Salvador, quienes fueron instruidos sobre los objetivos, el desarrollo de la prueba y el uso y llenado del instrumento.

Paso 3: *Realización de las pruebas*

Las pruebas o ensayos fueron realizados siguiendo protocolos establecidos en el área de análisis sensorial de alimentos, tal como el que se muestra en el anexo C. Es de destacar que cada catador y cada muestra fueron identificados con códigos. Los códigos para los catadores fueron E1, E2, E3 y E4. Mientras que a las muestras se le asignaron códigos de M1 a M18.

Paso 4: *Recolección y acondicionamiento de datos*

Los datos para cada muestra fueron recolectados y acondicionados en formatos como el que se presenta a continuación:

Muestra	Propiedad	E1	E2	E3	E4	Puntaje Promedio de propiedad
Mx	<i>Apariencia visual</i>					
	<i>Sabor</i>					
	<i>Dulzura</i>					
	<i>Sensación bucal</i>					
Puntaje promedio por evaluador						

En la tabla 5-3, se presenta el resumen de los resultados obtenidos por muestra para cada característica sensorial.

5.5 ANALISIS ESTADISTICO DE LOS RESULTADOS DE LA MEDICION DE LAS CARACTERISTICAS DE ACEPTABILIDAD SENSORIAL PARA LAS DIFERENTES COMBINACIONES DE INGREDIENTES

El análisis estadístico de los resultados presentados en la tabla 5-3 tiene como objetivos los de establecer la significancia del efecto de la composición de los diferentes ingredientes sobre la calidad sensorial del producto, así como también el de identificar las formulaciones con mayor aceptabilidad sensorial.

I. Estudio del efecto de la composición de ingredientes

En las tablas de la 5-4 a la 5-14 se presentan los análisis estadísticos cualitativos y cuantitativos para cada característica sensorial registrada. Los análisis cualitativos se presentan a través de gráficos de Pareto y de gráficos de comportamiento de efectos, mientras que los análisis cuantitativos se presentan a través del establecimiento de la significancia de los efectos y de la naturaleza más significativa de la interrelación entre los mismos.

Tabla 5-3. Resumen de resultados de la evaluación sensorial de las dieciocho muestras de agua envasada Fortificada con hierro.

Tratamiento: composición de ingredientes						Evaluación de la característica sensorial				
Mx	Edulcorante	Saborizante	Ácido Cítrico	Sulfato de Hierro	Agua	Dulzura	Apariencia	Sabor	Sensación	Calidad Sensorial General
1	0	0	0.00025	0	0.99975	0.42	0.71	0.46	0.54	0.53
2	0.00018	0	0.00025	0	0.99957	0.63	0.67	0.63	0.50	0.60
3	0	0.01	0.00025	0	0.98975	0.29	0.75	0.21	0.29	0.39
4	0.00018	0.01	0.00025	0	0.98957	0.58	0.63	0.67	0.67	0.64
5	0	0	0.0005	0	0.9995	0.33	0.79	0.38	0.63	0.53
6	0.00018	0	0.0005	0	0.99932	0.54	0.63	0.50	0.63	0.57
7	0	0.01	0.0005	0	0.9895	0.29	0.71	0.13	0.33	0.36
8	0	0.01	0.0005	0.000011	0.989489	0.08	0.46	0.13	0.17	0.21
9	0.00018	0.01	0.0005	0	0.98932	0.67	0.54	0.50	0.71	0.60
10	0	0	0.00025	0.000011	0.999739	0.50	0.38	0.50	0.54	0.48
11	0.00018	0	0.00025	0.000011	0.999559	0.46	0.58	0.46	0.46	0.49
12	0	0.01	0.00025	0.000011	0.989739	0.29	0.38	0.29	0.29	0.31
13	0.00009	0.005	0.000375	0.0000055	0.99452	0.58	0.50	0.54	0.67	0.57
14	0.00018	0.01	0.00025	0.000011	0.989559	0.58	0.50	0.58	0.54	0.55
15	0	0	0.0005	0.000011	0.999489	0.21	0.38	0.21	0.29	0.27
16	0.00009	0.005	0.000375	0.0000055	0.99452	0.75	0.42	0.58	0.83	0.65
17	0.00018	0	0.0005	0.000011	0.999309	0.63	0.58	0.54	0.54	0.57
18	0.00018	0.01	0.0005	0.000011	0.98931	0.50	0.38	0.54	0.33	0.44

Tabla 5-4 Análisis estadístico para la característica "Calidad Sensorial General"

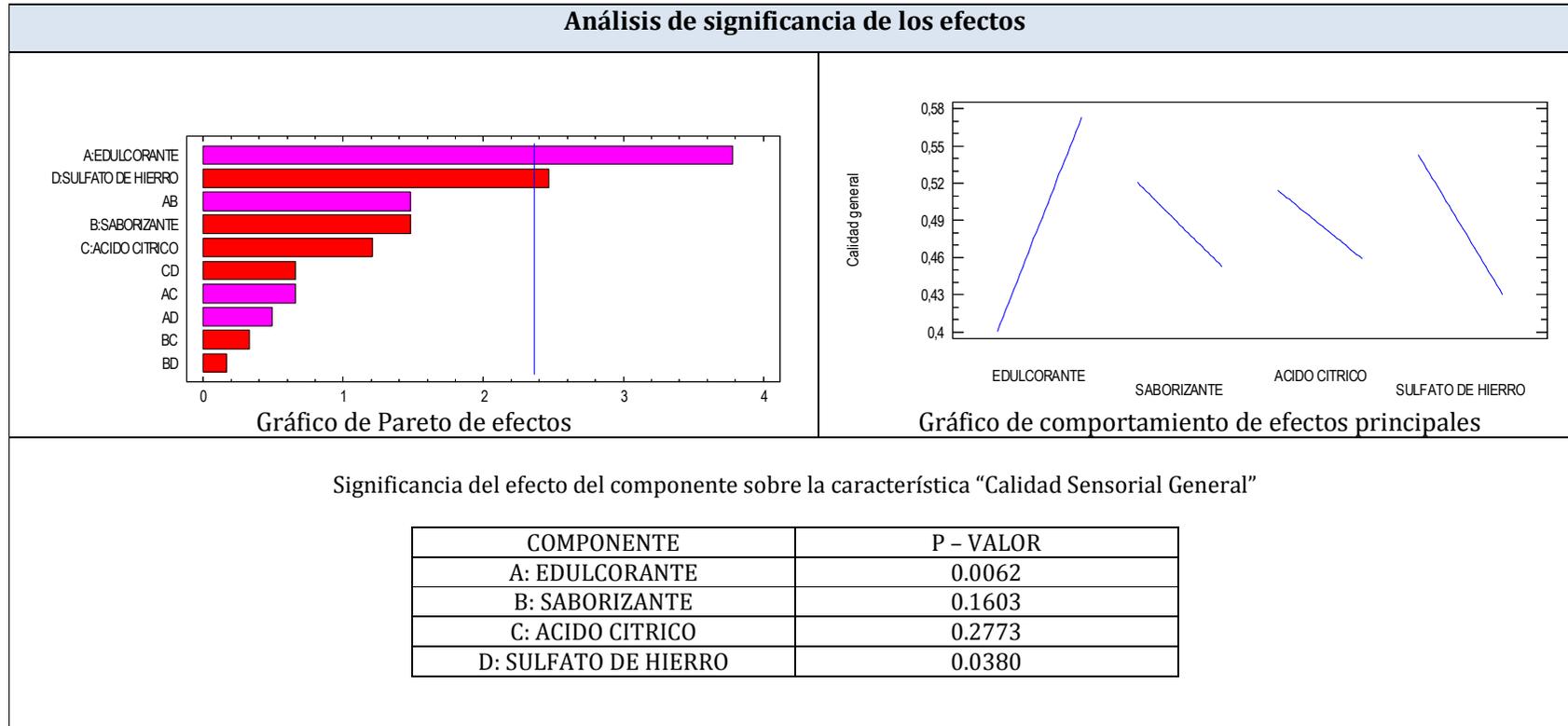
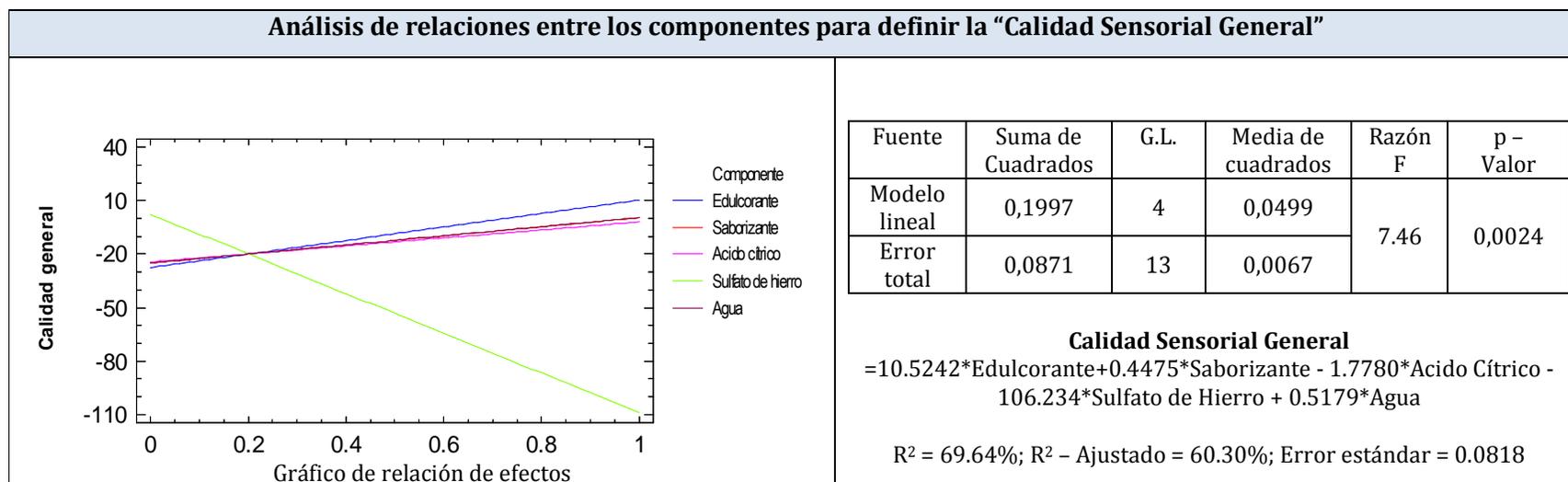


Tabla 5-5. Análisis estadístico para la característica “Calidad Sensorial General”



Como puede observarse y deducirse de los gráficos de Pareto, de comportamiento de efectos principales, así como de los p – valores de los efectos (ver tabla 5-4), los ingredientes con efecto significativo, a un nivel de significancia del 5%, sobre la característica “Calidad Sensorial General” son el “Edulcorante” y el “Sulfato ferroso”. Los ingredientes ácido cítrico, saborizante y agua no tienen un efecto significativo sobre la Calidad Sensorial General, a un nivel de significancia 5%.

Por otra parte, se puede observar de la gráfica de relación de efectos (ver tabla 5-5), que si bien, los ingredientes “Edulcorante” y “Sulfato ferroso” tienen efectos mayores, éstos son opuestos.

Dado que el p – valor para el modelo lineal es menor que 0.05 existe una relación estadística significativa entre la característica “Calidad Sensorial General” y los ingredientes a un nivel de confianza del 95%. El coeficiente R^2 indica que el modelo lineal explica el 69.64% de la variabilidad observada en la “Calidad Sensorial General”. El error estándar de la estimación se muestra a través de la desviación estándar de los residuos que es de 0.0818.

Se puede deducir estadísticamente, a partir del modelo lineal estimado, que el efecto de reducir la cantidad de “Sulfato ferroso” es más significativo sobre la Calidad Sensorial General que el efecto de aumentar la cantidad de edulcorante, sin embargo, es de destacar que la adición de Sulfato de Hierro obedece, primordialmente, al cumplimiento de especificaciones fijadas por la naturaleza del producto alimenticio. De la misma forma, el hecho de que el efecto de los ingredientes ácido cítrico, saborizante y agua no es significativo, no significa que estos ingredientes se deban eliminar ya que esos coeficientes solamente representan el valor estimado de sus efectos cuya combinación explica el comportamiento integral de la característica “Calidad Sensorial General”.

Tabla 5-6. Análisis estadístico para la característica "Dulzura".

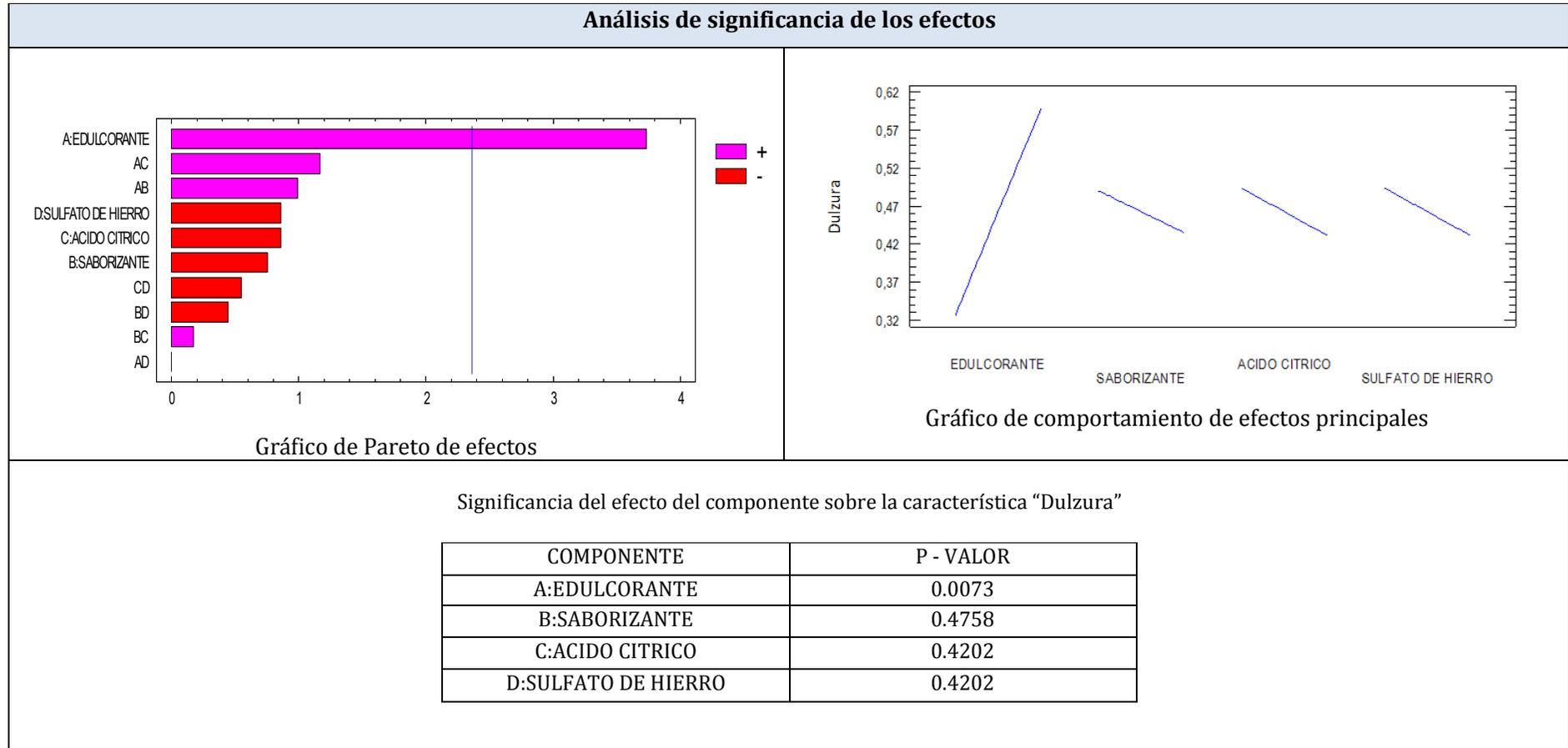
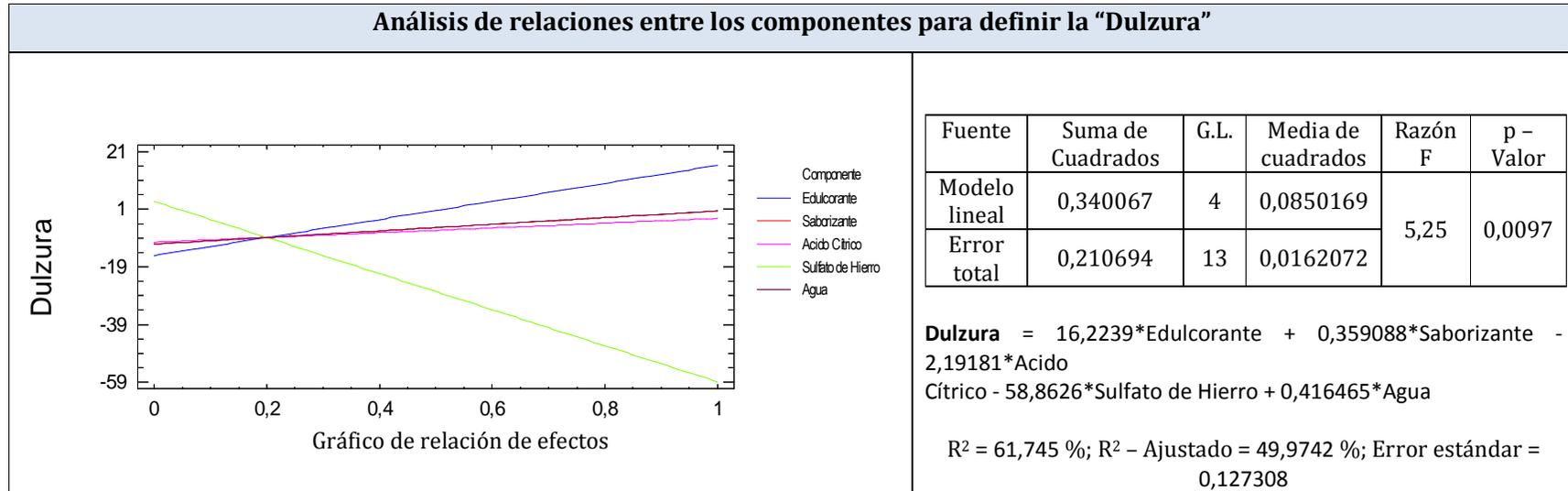


Tabla 5-7. Análisis estadístico para la característica "Dulzura".



Como puede observarse y deducirse de los gráficos de Pareto, de comportamiento de efectos principales, así como de los p – valores de los efectos (ver tabla 5-6), el único ingrediente con efecto significativo, a un nivel de significancia del 5%, sobre la característica “Dulzura” es el “Edulcorante”. Los ingredientes ácido cítrico, saborizante y agua no tienen un efecto significativo sobre la dulzura, a un nivel de significancia 5%.

Por otra parte, se puede observar de la gráfica de relación de efectos (ver tabla 5-7), que el efecto más significativo lo tiene el ingrediente “Edulcorante

Dado que el p – valor para el modelo lineal es menor que 0.05 existe una relación estadística significativa entre la característica “Dulzura” y los ingredientes a un nivel de confianza del 95%. El coeficiente R^2 indica que el modelo lineal explica el 61.75% de la variabilidad observada en la “Dulzura”. El error estándar de la estimación se muestra a través de la desviación estándar de los residuos que es de 0,127308.

Se puede deducir estadísticamente, a partir del modelo lineal estimado, que el efecto de reducir la cantidad de “Edulcorante” es más significativo sobre la Dulzura que los demás ingredientes, excepto el sulfato el cual sigue manteniendo una alta significancia opuesta a la del edulcorante pero la adición de Sulfato de Hierro como ya se mencionó, obedece primordialmente, al cumplimiento de especificaciones fijadas por la naturaleza del producto alimenticio. De la misma forma, el hecho de que el efecto de los ingredientes ácido cítrico, saborizante y agua no es significativo, no significa que estos ingredientes se deban eliminar ya que esos coeficientes solamente representan el valor estimado de sus efectos cuya combinación explica el comportamiento integral de la característica “Dulzura”.

Tabla 5-8. Análisis estadístico para la característica "Apariencia".

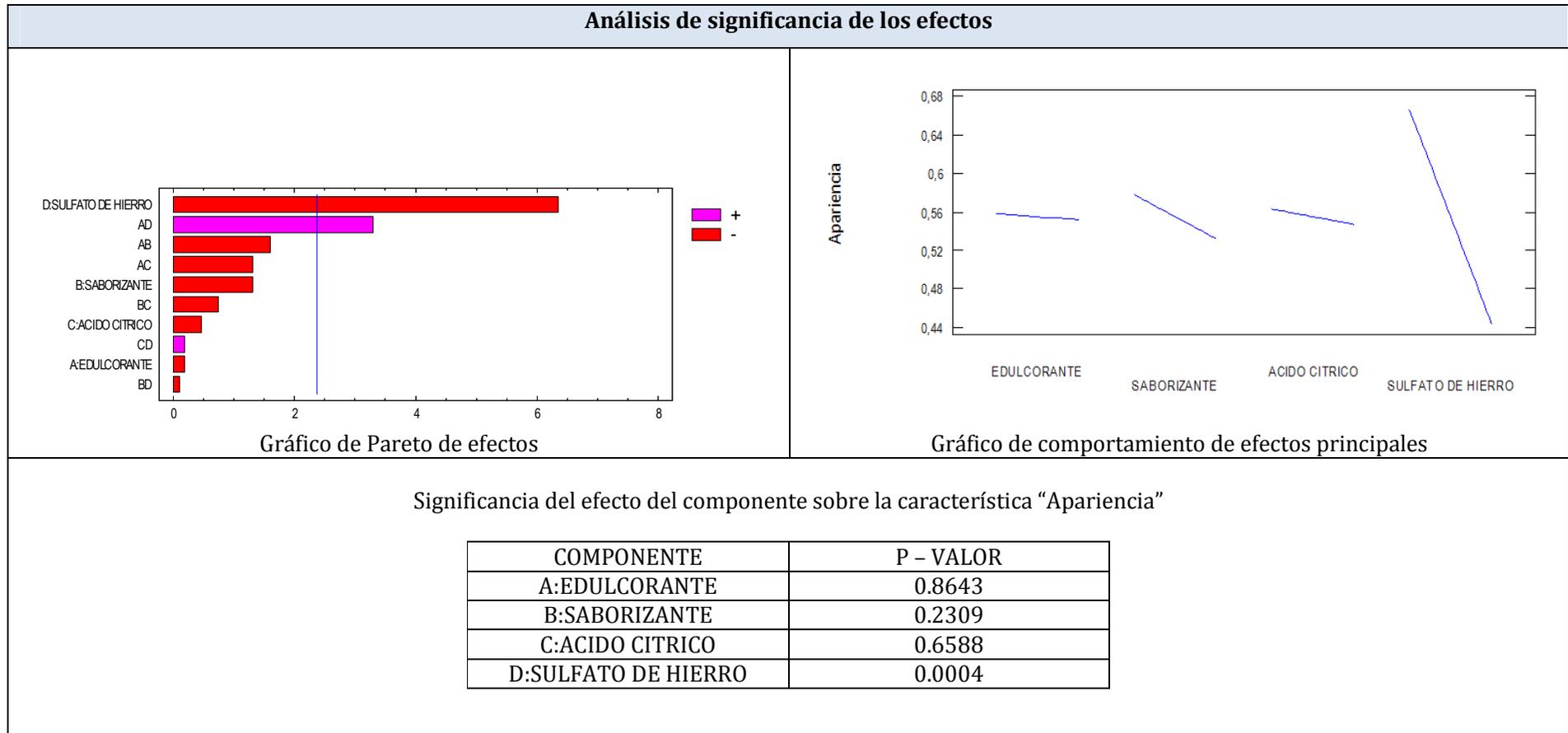
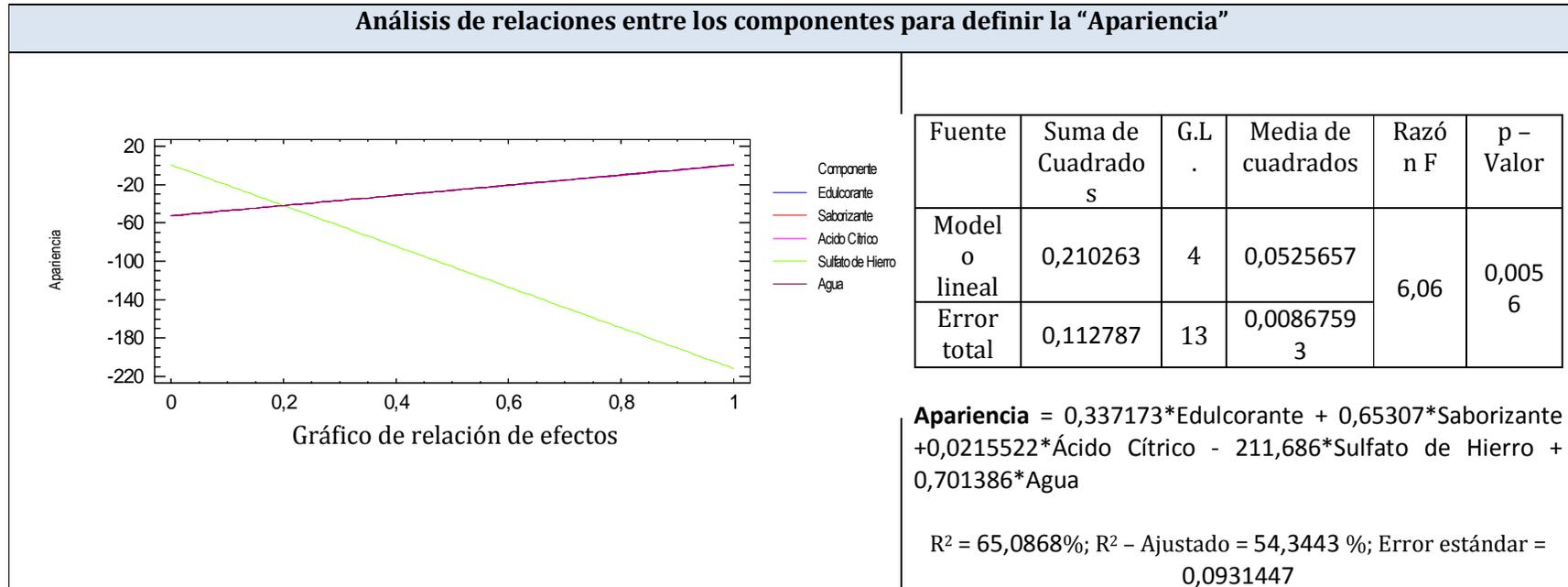


Tabla 5-9. Análisis estadístico para la característica "Apariencia".



Como puede observarse y deducirse de los gráficos de Pareto, de comportamiento de efectos principales, así como de los p – valores de los efectos (ver tabla 5-8), el único ingrediente con efecto significativo, a un nivel de significancia del 5%, sobre la característica “Apariencia” es el “Sulfato de hierro”. Los ingredientes ácido cítrico, saborizante y agua no tienen un efecto significativo sobre la Apariencia, a un nivel de significancia 5%.

Por otra parte, se puede observar de la gráfica de relación de efectos (tabla 5-9), que el efecto más significativo lo tiene el ingrediente “Sulfato de hierro”

Dado que el p – valor para el modelo lineal es menor que 0.05 existe una relación estadística significativa entre la característica “Apariencia” y los ingredientes a un nivel de confianza del 95%. El coeficiente R^2 indica que el modelo lineal explica el 65.0868% de la variabilidad observada en la “Apariencia”. El error estándar de la estimación se muestra a través de la desviación estándar de los residuos que es de 0,0931447.

Se puede deducir estadísticamente, a partir del modelo lineal estimado, que el efecto de reducir la cantidad de “Sulfato Ferroso” es más significativo sobre la Apariencia pero nuevamente se recalca el hecho de que la adición de Sulfato de Hierro como ya se mencionó, obedece primordialmente, al cumplimiento de especificaciones fijadas por la naturaleza del producto alimenticio. De la misma forma, el hecho de que el efecto de los ingredientes ácido cítrico, saborizante y agua no es significativo, no significa que estos ingredientes se deban eliminar ya que esos coeficientes solamente representan el valor estimado de sus efectos cuya combinación explica el comportamiento integral de la característica “Apariencia”.

Tabla 5-10. Análisis estadístico para la característica "Sabor".

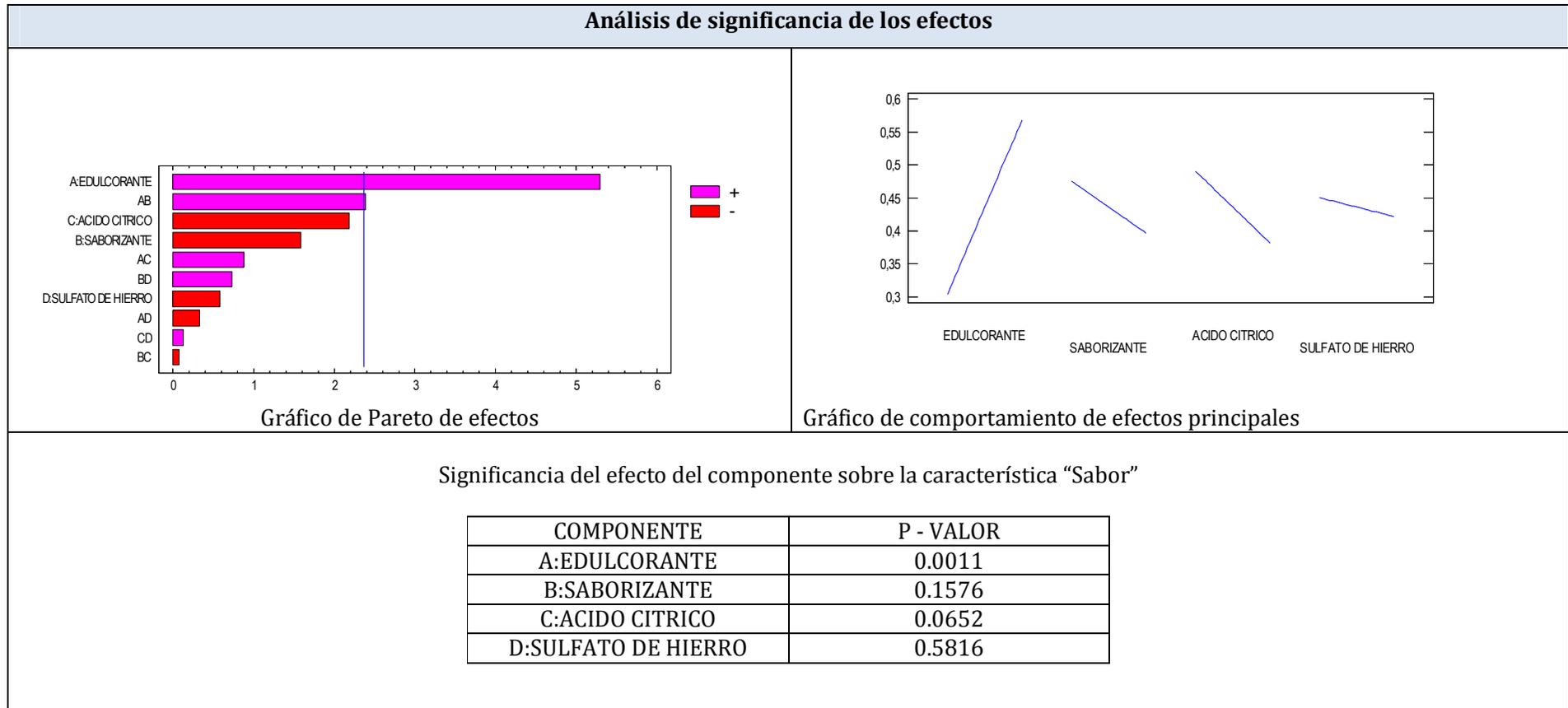
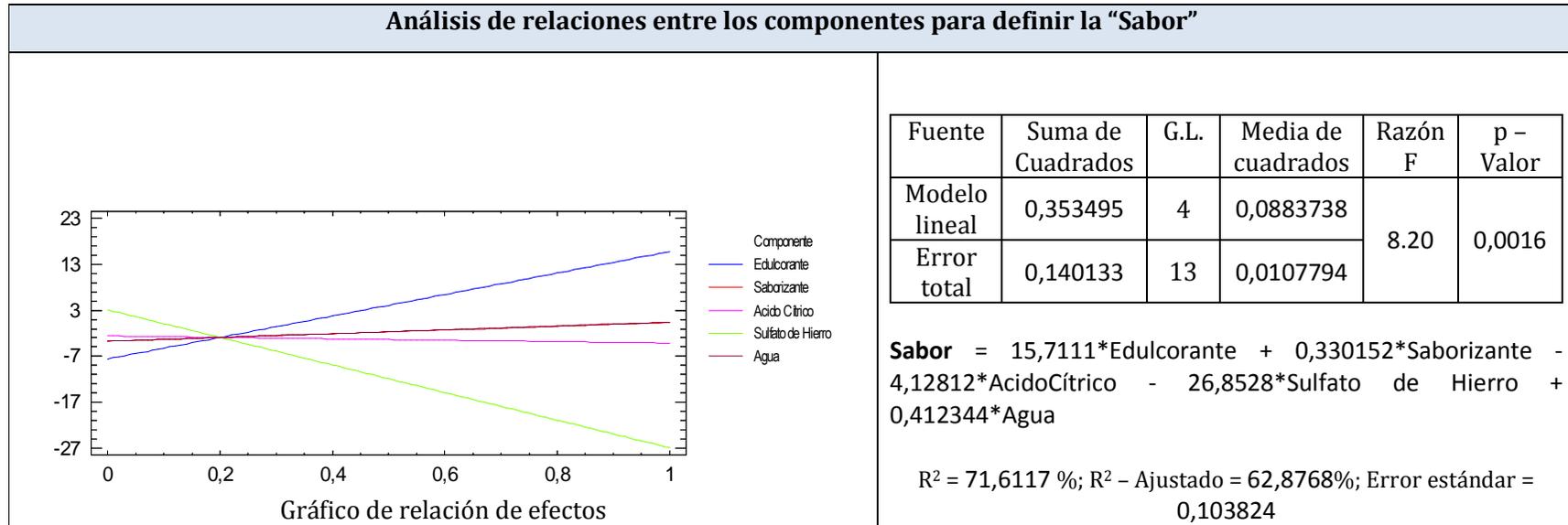


Tabla 5-11. Análisis estadístico para la característica "Sabor".



Como puede observarse y deducirse de los gráficos de Pareto, de comportamiento de efectos principales, así como de los p – valores de los efectos (ver tabla 5-10), el único ingrediente con efecto significativo, a un nivel de significancia del 5%, sobre la característica “Sabor” es el “Edulcorante”. Los ingredientes ácido cítrico, saborizante y agua no tienen un efecto significativo sobre la Apariencia, a un nivel de significancia 5%.

Por otra parte, se puede observar de la gráfica de relación de efectos (tabla 5-11), que los efectos más significativo solo tiene el ingrediente “Sulfato de hierro” y “Edulcorante”, sin embargo opuestos.

Dado que el p – valor para el modelo lineal es menor que 0.05 existe una relación estadística significativa entre la característica “Sabor” y los ingredientes a un nivel de confianza del 95%. El coeficiente R^2 indica que el modelo lineal explica el 71.6117% de la variabilidad observada en El “Sabor”. El error estándar de la estimación se muestra a través de la desviación estándar de los residuos que es de 0,103824.

Se puede deducir estadísticamente, a partir del modelo lineal estimado, que el efecto de reducir la cantidad de “Sulfato Ferroso” es más significativo sobre el sabor pero nuevamente se recalca el hecho de que la adición de Sulfato de Hierro como ya se mencionó, obedece primordialmente, al cumplimiento de especificaciones fijadas por la naturaleza del producto alimenticio. De la misma forma, el hecho de que el efecto de los ingredientes ácido cítrico, saborizante y agua no es significativo, no significa que estos ingredientes se deban eliminar ya que esos coeficientes solamente representan el valor estimado de sus efectos cuya combinación explica el comportamiento integral de la característica “Sabor”.

Tabla 5-12. Análisis estadístico para la característica “Sensación Bucal”.

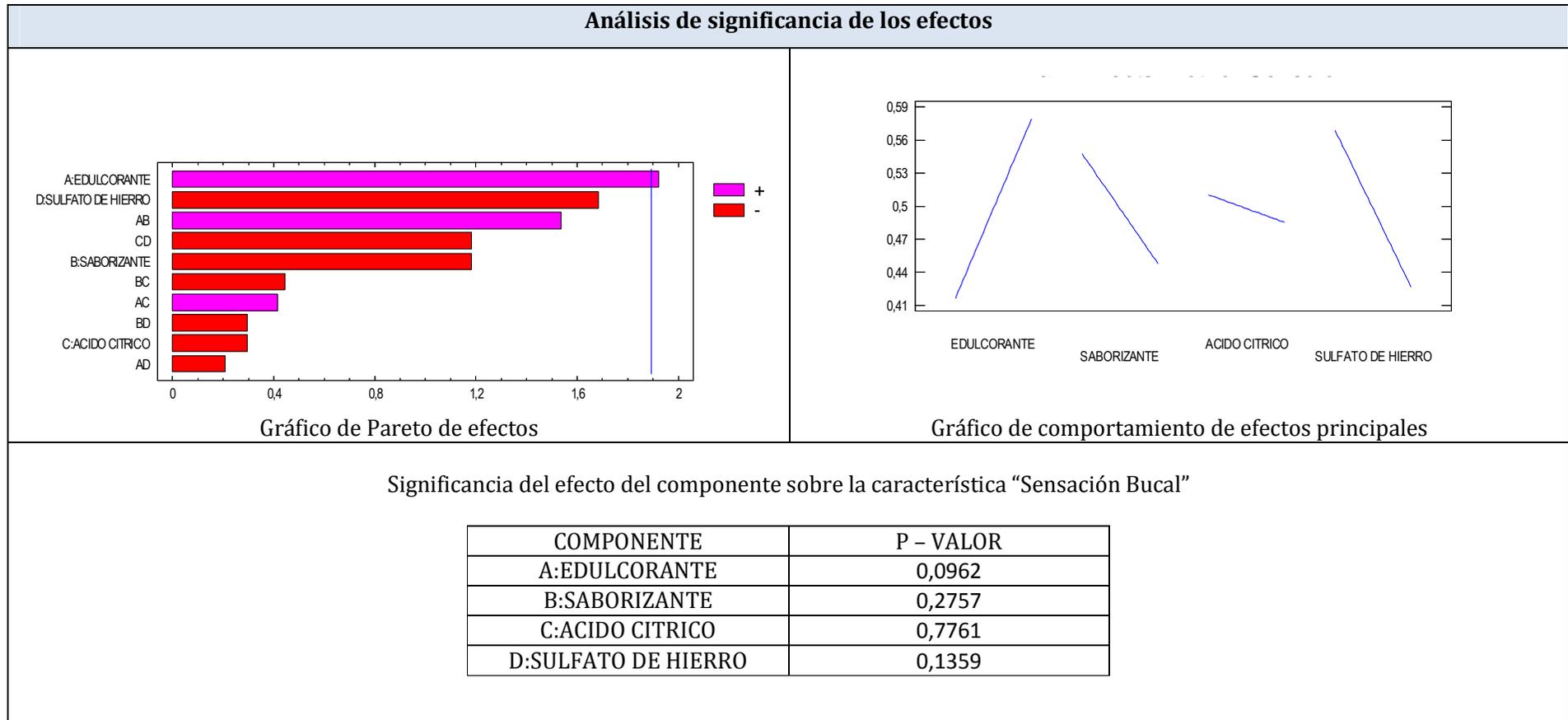
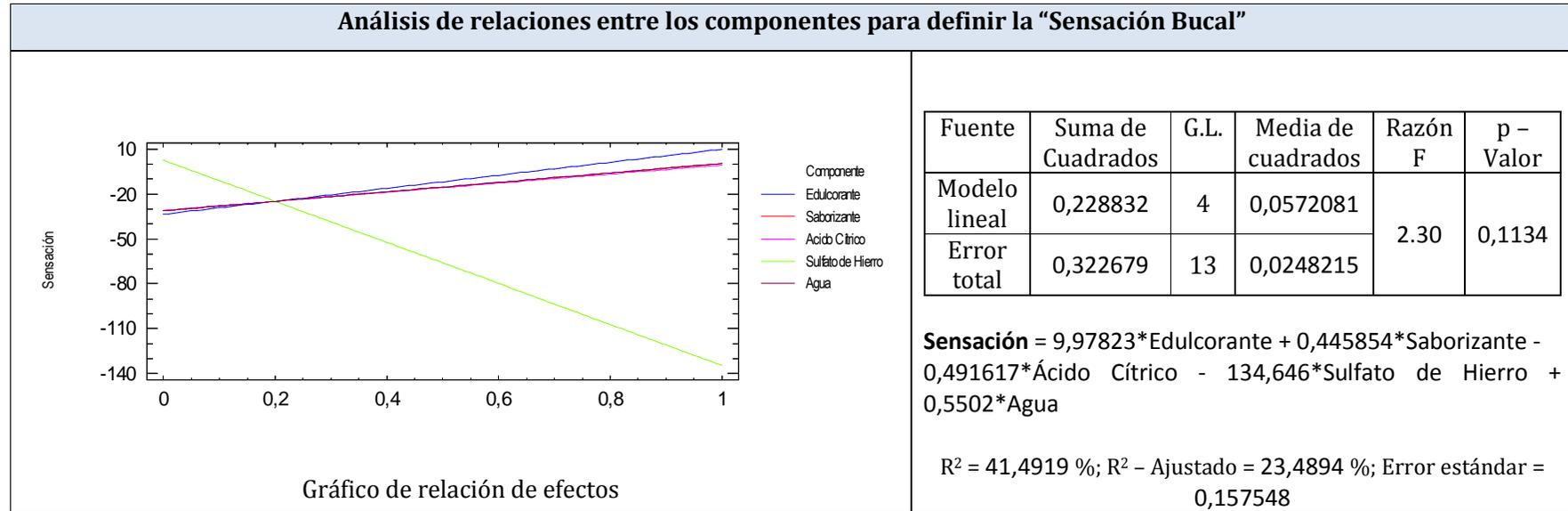


Tabla 5-13. Análisis estadístico para la característica "Sensación Bucal".



Como puede observarse y deducirse de los gráficos de Pareto, de comportamiento de efectos principales, así como de los p – valores de los efectos (ver tabla 5-12), no hay ingredientes con nivel significativo, a un nivel de significancia del 5%, sobre la característica “Los ingredientes ácido cítrico, saborizante y agua no tienen un efecto significativo sobre la Apariencia, a un nivel de significancia 5%.

Por otra parte, se puede observar de la gráfica de relación de efectos (tabla 5-13), que los efectos más significativo solo tiene el ingrediente “Sulfato de hierro” y “Edulcorante”, sin embargo opuestos.

Dado que el p – valor para el modelo lineal no es menor que 0.05 puede concluirse que no existe una relación estadística significativa entre la característica “Sensación” y los ingredientes a un nivel de confianza del 95%. El coeficiente R^2 indica que el modelo lineal solamente explica el 71.6117% de la variabilidad observada en la “Sensación”. El error estándar de la estimación se muestra a través de la desviación estándar de los residuos que es de 0,157548.

Se puede deducir estadísticamente, a partir del modelo lineal estimado, que el efecto de reducir la cantidad de “Sulfato Ferroso” sería bastante significativo sobre la “Sensación” pero nuevamente se recalca el hecho de que la adición de Sulfato de Hierro como ya se mencionó, obedece primordialmente, al cumplimiento de especificaciones fijadas por la naturaleza del producto alimenticio.

II. Identificación de las formulaciones con mayor aceptabilidad sensorial

En la figura 5.1 se muestran diagramas de barra en los que se comparan los promedios por característica para cada muestra evaluada. En la figura 5.2 se presenta una integración de la comparación. En la tabla 5.14, se presentan las composiciones óptimas estimadas de los diferentes ingredientes para las características Calidad Sensorial General, Dulzura, Sabor, Apariencia y Sensación bucal.

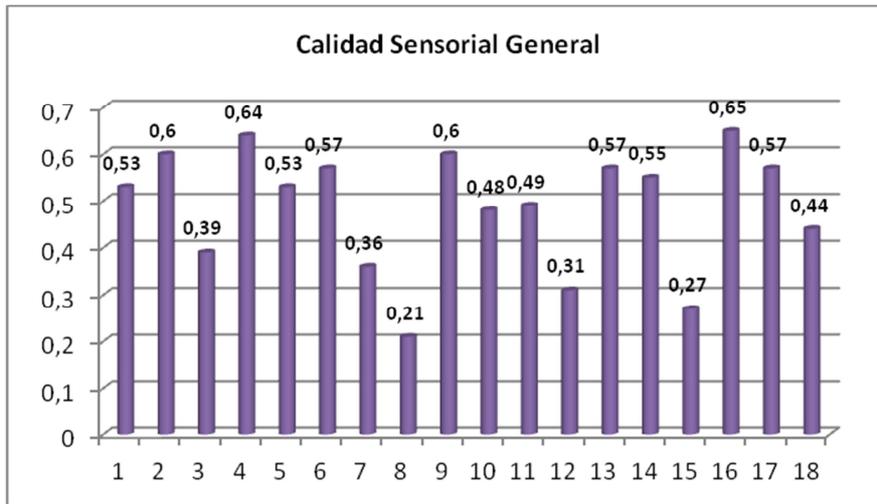


Figura 5-1. Comparación de promedios de respuesta para la calidad sensorial general
Fuente: Autoría propia

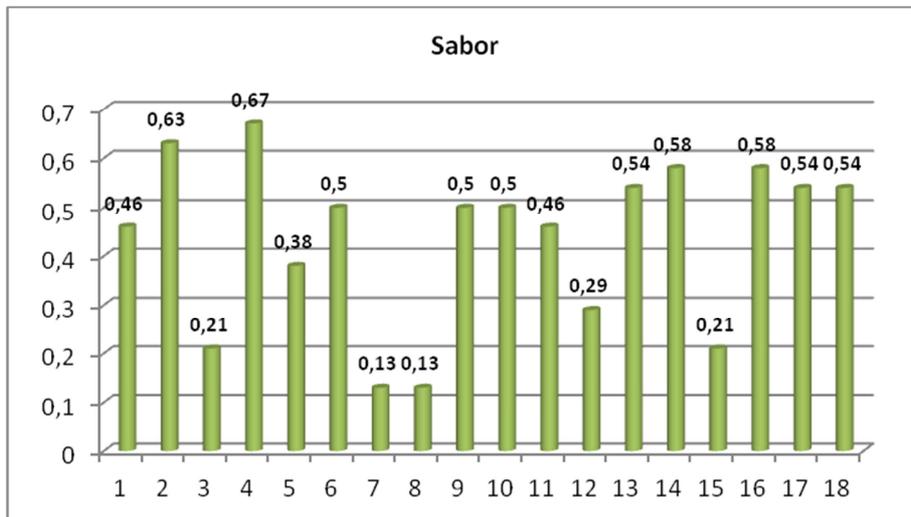


Figura 5-2. Comparación de promedios de respuesta para el sabor
Fuente: Autoría propia

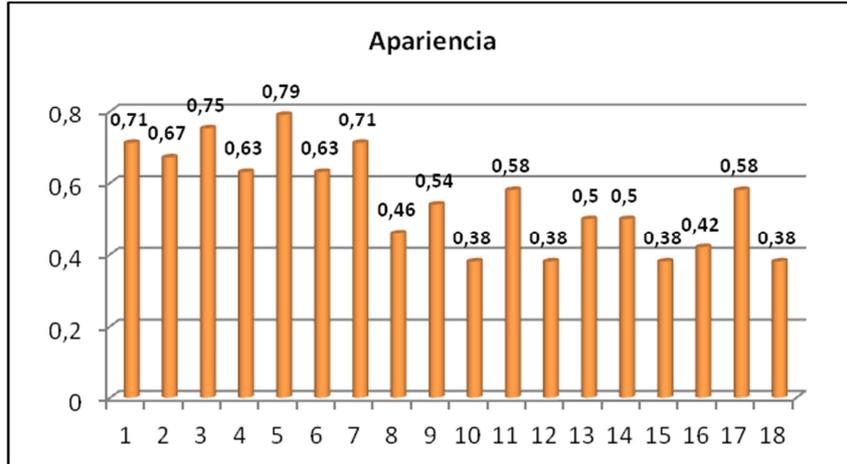


Figura 5-3. Comparación de promedios de respuesta para la apariencia.

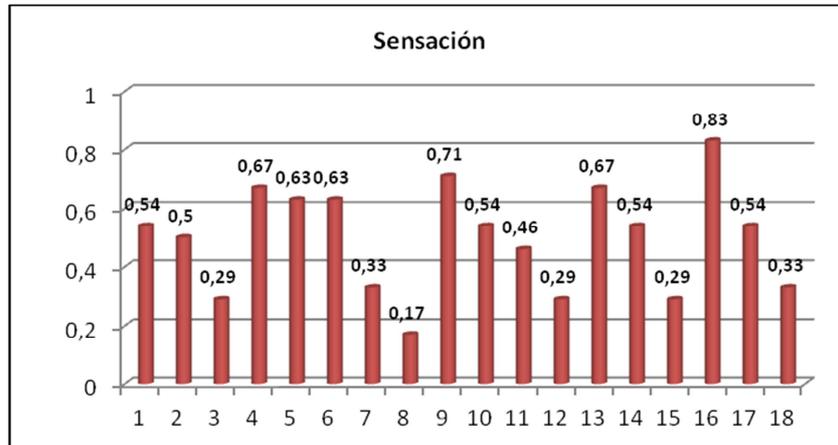


Figura 5-4. Comparación de promedios de respuesta para la sensación bucal.

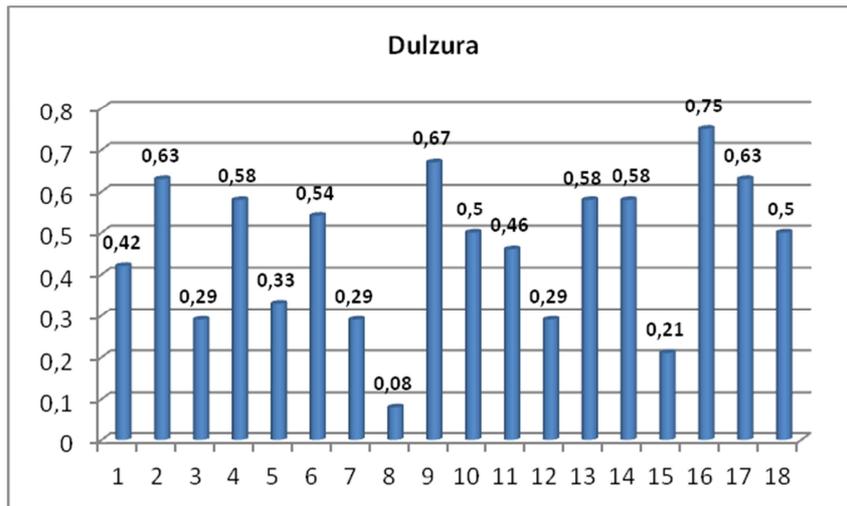


Figura 5-5. Comparación de promedios de respuesta para la dulzura.

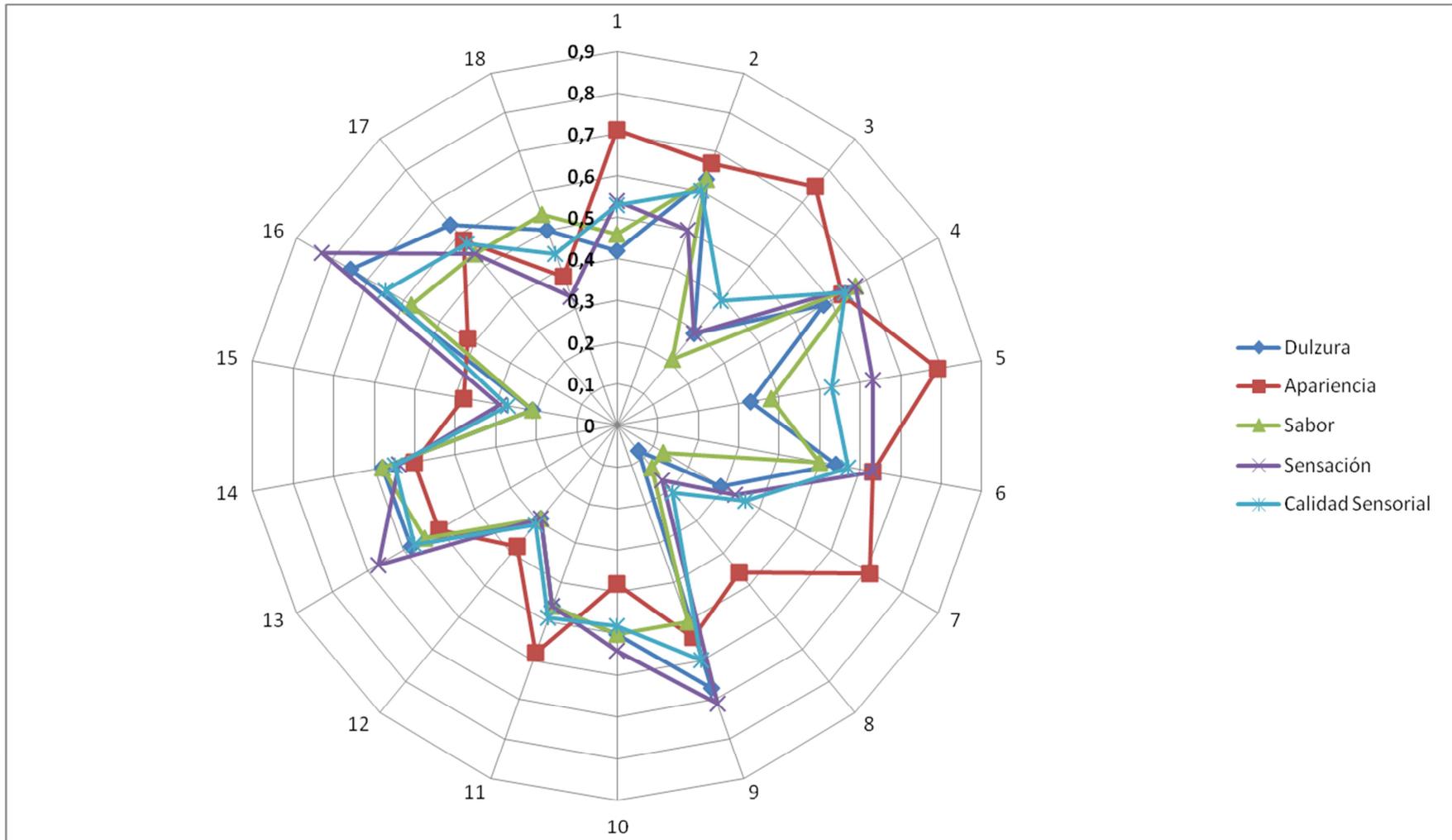


Figura 5-6. Distribución general de las características sensoriales en las dieciocho muestras..

Tabla 5-14. Composiciones óptimas de los ingredientes para las características: Calidad Sensorial, Sabor, Dulzura, Apariencia y Sensación bucal (estimación para $\alpha = 0.05$)

Ingrediente Característica	Edulcorante	Saborizante	Ácido Cítrico	Sulfato de Hierro	Optimo
Calidad Sensorial	0.00018	0.0	0.00025	0.0	0.69
Apariencia	0.00018	0.0	0.00025	0.0	0.70
Sabor	0.00018	0.0	0.00025	0.0	0.68
Dulzura	0.00018	0.0	0.00025	0.0	0.69
Sensación bucal después de la ingesta	0.00018	0.0	0.00025	0.0	0.71

A partir de la tabla 5-14 puede deducirse que la composición óptima de la mezcla para todas las características sensoriales evaluadas orienta a no agregar saborizante ni sulfato de hierro, sin embargo, dada la naturaleza del producto “agua envasada fortificada con hierro”, la adición de sulfato de hierro para “fortificar” el alimento será imprescindible siempre y cuando naturalmente el agua extraída no contenga la concentración o la forma de hierro necesaria para suplir las necesidades nutricionales de la población meta.

De acuerdo a las figuras de la 5-1 a la 5-6 las formulaciones de las muestras 16 y 13, de composiciones intermedias para todos los ingredientes (puntos centrales), inclusive para el sulfato de hierro, presentan una aceptabilidad promedio del 61%, muy cercana a la aceptabilidad media óptima del 69% (ver tabla 5-14). Lo mismo puede decirse de la formulación de la muestra 17, que con la concentración máxima de sulfato de hierro presenta una aceptabilidad del 57%, que representa una desviación del 17% de la aceptabilidad óptima estimada para el producto del 69%.

Lo anterior conduce a concluir que, si bien es cierto, la composición óptima de ingredientes del producto orienta a no usar sulfato de hierro en la formulación, la naturaleza del mismo impone usar las formulaciones de las muestras 16 y 13 o bien de la muestra 17, según sean las especificaciones nutricionales.

5.5.1 EVALUACION DE LA VIDA DE ANAQUEL DE LA FORMULACION ELEGIDA DE AGUA ENVASADA FORTIFICADA CON HIERRO

La Vida de Anaquel es el tiempo durante el cual un producto es útil para el consumidor sin causar ningún perjuicio a su salud y/o sin perder su funcionalidad.

En este estudio se realizaron pruebas de estabilidad acelerada en la formulación que fue elegida de acuerdo al apartado anterior y se han variado condicionamientos relacionados con los procesos de mantenimiento de la inocuidad y estabilidad del producto.

Las condiciones mencionadas anteriormente se evaluaron en base a la formulación y cantidades por componentes que se valoran de acuerdo a los resultados en las pruebas organolépticas, lo que puede observarse en la tabla 5-15.

Tabla 5-15. Formulación base la bebida		
Componente	Cantidad por Porción	Cantidades a utilizar para pruebas de estabilidad acelerada.
Sucralosa	0,18 gr	7,5 gr
Benzoato	0,3 gr	25 gr
Sorbato de potasio	0,3 gr	25gr
Ácido cítrico	0,5gr	25 gr
Sulfato	0.03 gr	1,5 gr

Fuente: Cantidades por componentes que se valoran de acuerdo a los resultados en las pruebas organolépticas.

5.5.1.1 FACTORES Y VARIABLES RESPUESTAS

Se realizaron las pruebas de estabilidad del producto a lo largo de seis semanas, teniendo presentes que en cada una de ellas se evaluará tres distintos aspectos o variables respuestas que nos ofrecerán los efectos de los factores o condiciones ambientales y de elaboración a la que será sometida la formulación, determinada anteriormente a través de los análisis realizados para las pruebas organolépticas, en la tabla 5-16, se muestra una lista de los factores y variables respuestas, así como las distintas combinaciones de los factores :

Tabla 5-16. Tabla de factores y variables respuestas.

FACTORES	RESPUESTAS
A. Periodo entre la extracción y producción	a. Concentración de Hierro (%)
B. Esterilizado con pasteurización (envasado)	b. Apariencia (Ponderación)
C. Preservantes	c. Respuestas análisis microbiológicos.
D. Temperaturas de almacenamiento	
E. TIEMPO (6 semanas de evaluación)	

En la tabla 5-16 se muestran todos los factores que serán evaluados para las pruebas de vida de anaquel, cada uno de ellos limitado por un valor máximo y uno mínimo los cuales determinan el rango de permisibilidad de operación de ese factor para las pruebas y en los casos que no hay valores máximos y mínimos solo se hicieron las pruebas para Ausencia (-1) y Presencia (1).

Tabla 5-17. Tabla de condiciones ambientales a las que se someterán las bebidas enriquecidas con hierro.

Factores	Mínimo	Máximo
Periodo entre extracción y producción	0	150 min
Pasteurizado	-1	1
Preservante	0.03%	0.05%
Temperatura de almacenamiento	8° (Refrigeración)	37° (Estufa)
Tiempo	1 semana	6 semana

Fuente: Autoría propia

A continuación se realizó un experimento factorial en el que se establecían las posibles condiciones a las que se realizaría el experimento, asignándose (-1) al límite inferior y (1) al límite superior y así como se muestra en la tabla 5-18 establecer las combinaciones.

Tabla 5-18. Tabla de condiciones para cada tiempo.

A	B	C	D	a	b	c
-1.0	-1.0	1.0	1.0			
-1	1.0	-1.0	1.0			
-1.0	1.0	1.0	-1.0			
1.0	1.0	1.0	1.0			
1.0	1.0	-1.0	-1.0			
1.0	-1.0	-1.0	1.0			
1.0	-1.0	1.0	-1.0			
-1.0	-1.0	-1.0	-1.0			

Por lo tanto para las formulaciones establecidas se tendrán las siguientes combinaciones de condiciones para la evaluación de estabilidad de cada muestra en la tabla 5-19:

Tabla 5-19. Combinaciones de la condiciones para la evaluación de estabilidad del producto.			
Nº de combinación	Condiciones	Nº de muestras	Cantidad
Ensayo 1	Recién sacada del pozo	8 muestras	5 litros
	Sin Pasteurizar		
	0,05% de benzoato		
	Temperatura de almacenamiento 37º		
Ensayo 2	Recién salida del pozo	8 muestras	5 litros
	Pasteurizado		
	0,03% preservante		
	Temperatura de almacenamiento 37º		
Ensayo 3	Recién sacado del pozo	8 muestras	5 litros
	Pasteurizado		
	0,05% preservante		
	Temperatura de almacenamiento 8º		
Ensayo 4	180 minutos después de la extracción	8 muestras	5 litros
	Pasteurizado		
	0,05% de preservante		
	Temperatura de almacenamiento 37º		

Continuación de Tabla 5-20. Combinaciones de la condiciones para la evaluación de estabilidad del producto.			
Ensayo 5	150 minutos después de la extracción	8 muestras	5 litros
	Pasteurizado		
	0,03% de benzoato		
	Temperatura de almacenamiento 8º		
Ensayo 6	150 minutos después de extracción	8 muestras	5 litros
	Sin pasteurizar		
	0,03% de preservante		
	Temperatura de almacenamiento 37º		
Ensayo 7	150 minutos después de extracción	8 muestras	5 litros
	Sin pasteurizar		
	0,05% de preservante		
	Temperatura de almacenamiento 8º		
Ensayo 8	Recién extraído del pozo	8 muestras	5 litros
	Sin pasteurizar		
	0,03% de preservante		
	Temperatura de almacenamiento 8º		

5.5.1.2 PROCEDIMIENTO PARA LOS ANÁLISIS MICROBIOLÓGICOS DE LA MUESTRAS DE AGUA ENRIQUECIDA

Las bebidas no carbonatadas sin alcohol como la bebida fortificada con hierro que se está formulando se definen dentro del grupo de bebidas no alcohólicas, que no contienen dióxido de carbono (CO₂) disuelto, que están elaborados con agua potable, adicionados con otro edulcorante permitido, saborizantes artificiales y un acidificante, con o sin la adición de sustancias preservantes, vitaminas y otros aditivos alimentarios permitidos y que han sido sometidos a un proceso tecnológico adecuado.

Por lo tanto la bebida fortificada se clasifica en cuanto a su composición y naturaleza del proceso de conservación que se utiliza, como una bebida sin jugo incluido y por el proceso de conservación que se utiliza como un producto elaborado mediante conservación y envasado, que no requiera de refrigeración y almacenamiento durante su permanencia en anaquel.

Los Criterios Microbiológicos que se han tomado en cuenta para clasificar este tipo de bebida han sido los siguientes:

1. No deberán tener microorganismos patógenos, ni sustancias producidas por microorganismos, en cantidades que puedan representar un riesgo para la salud.
2. Tampoco deberán tener microorganismos que puedan desarrollarse en condiciones normales de almacenamiento.
3. Si declaran en la etiqueta, dentro de los ingredientes, la utilización de jugos o concentrados de frutas, el criterio de contenido máximo de hongos, será según lo indicado en la Tabla 5-20

Tabla 5-21. Criterios microbiológicos para las bebidas no carbonatadas sin alcohol del tipo 2.

MICROORGANISMOS	RECuento MÁXIMO PERMITIDO
Recuento de microorganismos aerobios (mesófilos) en placa, en unidades formadoras de colonias (UFC), por mililitro.	<1000
Recuento de hongos y levaduras, en unidades formadoras de colonias (UFC/ml)	<20
Bacterias conformes, en número más probable (NMP) por 100 ml	<1.1 ⁽¹⁾
Bacterias patógenas	ausencia

1) Tomado de la norma NSO 13.07.01:97 "Agua potable"

Por lo tanto se presentan a continuación la marcha que se llevó a cabo para el recuento total de cada una de las 24 muestras que se formularon por semana durante seis semanas seguidas tiempo en el cual duró las pruebas de vida de anaquel del producto y cuyos análisis se realizaron en el nuevo laboratorio de microbiología de la Escuela de Ingeniería Química:

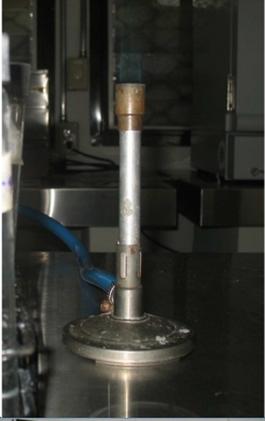
MUESTRAS A UTILIZAR

Bebidas fortificadas envasadas y elaboradas en el laboratorio de procesamiento de alimentos de la Escuela de Ingeniería Química.

MATERIAL Y EQUIPO

En la tabla 5-21 se muestra un listado del material y equipo utilizado para realizar los análisis microbiológicos referentes al conteo en placa para evaluar la vida de anaquel.

Tabla 5-22. Listado de material y equipo a utilizar en los análisis microbiológicos para recuento total de bacterias.

<p>6 Tubos con 9 ml de agua peptonada 0.1% Estéril</p>	
<p>001 Erlenmeyer de 1000 ml estéril</p>	
<p>Mecheros</p>	
<p>Incubadoras a 35°C y temperatura ambiente</p>	

Continuación de Tabla 5-21. Listado de material y equipo a utilizar en los análisis microbiológicos para recuento total de bacterias.

<p>Erlenmeyer de 250 ml estéril</p>	
<p>Cajas Petri estériles</p>	
<p>Pipetas de 1 ml estériles-1 pera de seguridad</p>	
<p>Probeta de 25 ml estéril Probeta de 10 ml estéril</p>	

MEDIOS DE CULTIVO

- Agar para Recuento en Placa (PCA)
- Agua Peptonada para dilución.

PROCEDIMIENTO RECUENTO TOTAL EN PLACA

1. Para refrescos envasados, se deberá homogenizar el alimento antes de abrir y, luego seguir la técnica aséptica para abrir el envase. Para bebidas no envasadas, deberá seguirse la técnica de toma de muestra descrito en este manual.
2. Tomar una alícuota de 10 ml en una probeta estéril.
3. Transferir los 10 ml a un erlenmeyer de 250 ml conteniendo 90 ml de agua Peptonada estéril (dilución 10-1).
4. Hacer diluciones 10-2, 10-3 y 10-4, siguiendo la técnica para dilución descrita en este manual.
5. Transferir 1 ml de las diluciones 10-2, 10-3 y 10-4 a placas Petri estériles, previamente rotuladas con la dilución a verter y el producto en análisis, por duplicado.
6. Agregar de 10 a 15 ml de agar glucosado para recuento en placa, previamente fundido y enfriado a $45^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$. Dejar escapar los vapores y esperar de 10 a 15 minutos o hasta que el medio solidifique.
7. Incubar en posición invertida a 35°C por 48 horas.
8. Observar crecimiento, hacer recuento total y preparaciones para observación al microscopio.

5.5.1.3 PROCEDIMIENTO PARA DETECCIÓN DE HIERRO EN ESTADO DE OXIDACIÓN II POR EL MÉTODO DE LA FENANTROLINA.

EQUIPO

- Espectrofotómetro con una longitud de onda de 510 nanómetros proveyendo un haz de luz de 1 cm.
- Campana extractora de gases.
- Celdas de cuarzo.

CRISTALERÍA

- Balones volumétricos 50, 100, 500 y 1000 ml.
- Micropipeta de 50 a 5000 microlitros.
- Micropipeta de 500 a 10000 microlitros.
- Beaker 100 ml.
- Pipeta volumétrica 25 ml.
- Dosificadores.

REACTIVOS

- Ácido clorhídrico concentrado
- Ácido Sulfúrico
- Fenantrolina monohidratada
- Acetato de amonio
- Sulfato ferroso amoniacal
- Ácido acético glacial
- Agua reactivo

PREPARACIÓN DE REACTIVOS.

- Ácido clorhídrico que contenga menos de 0.5 ppm de hierro.
- Acetato de amonio. Disolver 250 gr $\text{NH}_4\text{C}_2\text{H}_3\text{O}_2$ en 150 ml de agua. Añadir 700 ml de ácido acético glacial.
- Fenantrolina. Disolver 100 mg 1,10-fenantrolina monohidratada, en 100ml de agua y agregar 2 gotas de ácido clorhídrico.
- Sulfato ferroso amoniacal. Añadir lentamente 20 ml de ácido sulfúrico concentrado a 50 ml de agua y disolver 1.404 gr de sulfato ferroso amoniacal y aforar hasta 1000ml con agua. Se obtiene una concentración de 1ml = 200 μgr Fe.

PROCEDIMIENTO

Para determinar hierro ferroso se debe acidificar con 1 ml de ácido clorhídrico concentrado, 25 ml de muestra. Tapar inmediatamente. A la muestra previamente acidificada, añadir 10 ml de solución de fenantrolina y 5 ml de acetato de amonio y agitar vigorosamente.

Aforar hasta 50ml y medir la intensidad del color pasados 5 o 10 minutos. No exponga las muestras a la luz intensa. Ver esquema de procedimiento en la figura 5-7.

La medición del hierro ferroso en las muestras se hizo a través de un espectrofotómetro (Modelo Lambda 25), para ello se tuvo que preparar previamente una curva de calibración basada en los volúmenes que se muestran en la tabla 5-22.

Tabla 5- 23. Valores de curva de calibración

Hierro (mg/L)	Volumen necesario de la alicota de 10 ppm de Fe
0.00	-
0.10	500 µL
0.25	1.25 mL
0.50	2.5 mL
0.75	3.75 mL
1.00	5.0 mL
1.25	6.25 mL
1.50	7.5 mL
1.75	8.75 mL
2.00	10.0 mL

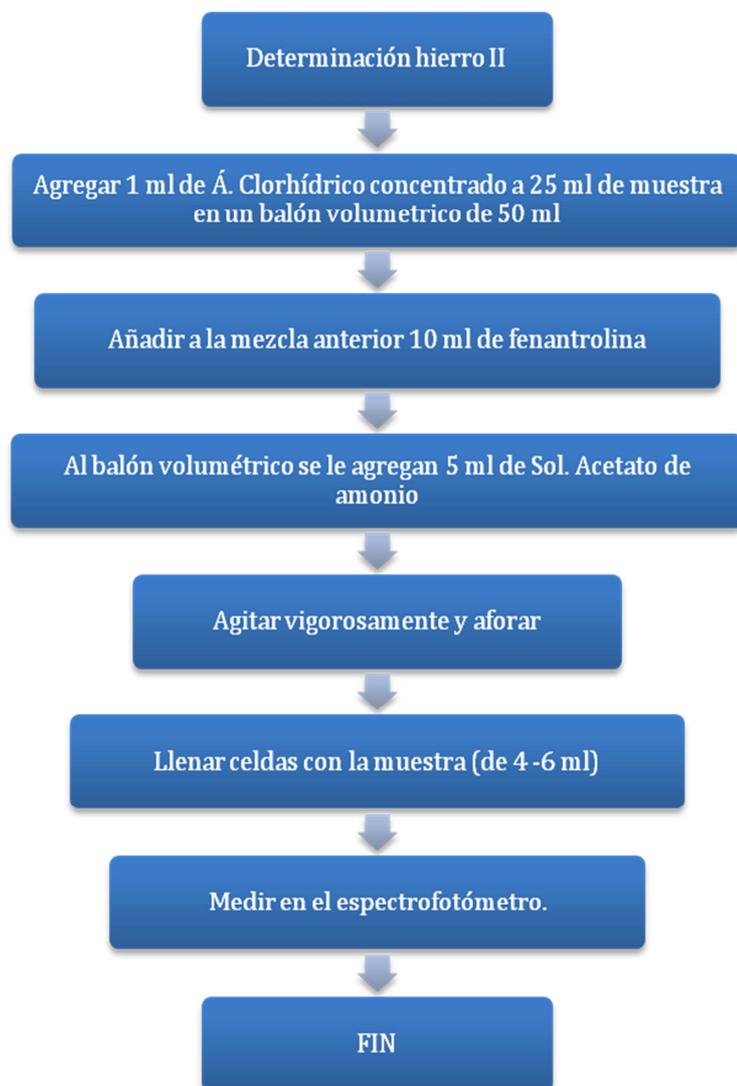


Figura 5-7. Flujograma del procedimiento para la determinación de hierro.

El equipo se calibró a una longitud de onda de 510 nm y se guardó esta configuración para las posteriores mediciones. La gráfica obtenida con las concentraciones utilizadas como estándares se presenta en la figura 5-8.

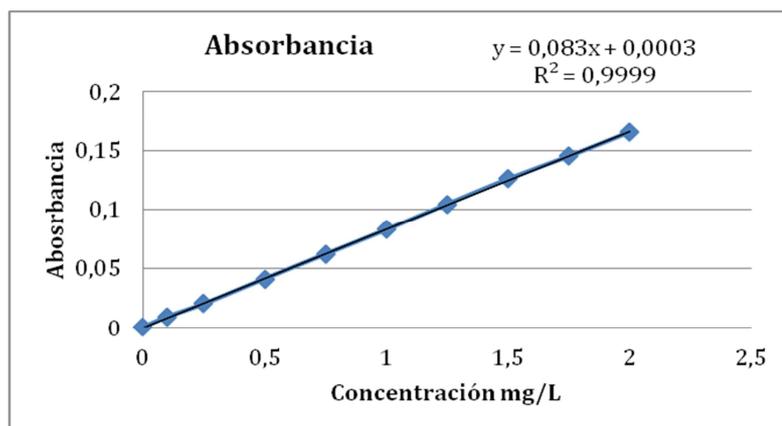


Figura 5-8. Curva de calibración para determinación de hierro.

$$y = 2.837594 \cdot 10^{-4} + 8.294605 \cdot 10^{-2} x$$

Error residual: 0.000684

Coefficiente de correlación 0.999939

5.5.1.4 RESULTADOS DE ANÁLISIS DE LABORATORIO MICROBIOLÓGICO Y SOBRE LA DETERMINACIÓN DEL HIERRO

Luego de establecerse los procedimientos de análisis y determinación de las variables respuesta como el hierro y la presencia de bacterias se determina presentar para el análisis estadístico de vida de anaquel del producto, los datos obtenidos de la concentración de hierro en porcentajes de sulfato ferroso que no se ha oxidado con respecto a la cantidad que posee teóricamente al momento de su elaboración y para el recuento total de bacterias simplemente se realiza la suma total de colonias encontradas para cada muestra por triplicado.

La tercera variable respuesta en cambio consistió en convertir los resultados cualitativos en datos cuantitativos por lo que se estableció una tabla de ponderación:

0	Ninguno
1	Leve
2	Notable
3	Bastante notable

El cambio de apariencia en todas las muestras fue de cero es decir sin cambios notables, después de haber evaluado cada combinación con una escala de cambios aparentes la

cual iba de 0 a 3 de ninguno a cambios bastantes notables. Los resultados obtenidos se presentan en la tabla 5-23

Tabla 5-24. Tabla de resultados de las variables respuestas.

Nº de ensayo	A	B	C	D	Nº de semana	a	b	c
ENSAYO 1	-1.0	-1.0	1.0	1.0	Semana 1	79,11	4	0
					Semana 2	58,56	0	0
					Semana 3	53,39	0	0
					Semana 4	60,31	4	0
					Semana 5	83,86	1	0
					Semana 6	68,02	0	0
ENSAYO 2	-1	1.0	-1.0	1.0	Semana 1	69,43	1	0
					Semana 2	56,52	0	0
					Semana 3	55,60	1	0
					Semana 4	60,64	1	0
					Semana 5	77,69	0	0
					Semana 6	77,18	25	0
ENSAYO 3	-1.0	1.0	1.0	-1.0	Semana 1	76,97	0	0
					Semana 2	57,19	1	0
					Semana 3	54,79	1	0
					Semana 4	60,49	2	0
					Semana 5	69,54	1	0
					Semana 6	69,33	1	0
ENSAYO 4	1.0	1.0	1.0	1.0	Semana 1	50,61	18	0
					Semana 2	58,73	0	0
					Semana 3	61,46	2	0
					Semana 4	69,63	3	0
					Semana 5	71,20	0	0
					Semana 6	54,83	0	0
ENSAYO 5	1.0	1.0	-1.0	-1.0	Semana 1	70,38	0	0
					Semana 2	71,99	0	0
					Semana 3	82,84	2	0
					Semana 4	60,00	2	0
					Semana 5	58,50	0	0
					Semana 6	51,84	0	0

Continuación de Tabla 5-22. Tabla de resultados de las variables respuestas.								
Nº de ensayo	A	B	C	D	Nº de semana	a	b	c
ENSAYO 6	1.0	-1.0	-1.0	1.0	Semana 1	52,23	2	0
					Semana 2	58,58	1	0
					Semana 3	61,27	0	0
					Semana 4	78,79	0	0
					Semana 5	74,05	1	0
					Semana 6	69,88	0	0
ENSAYO 7	1.0	-1.0	1.0	-1.0	Semana 1	70,11	1	0
					Semana 2	72,17	0	0
					Semana 3	79,61	2	0
					Semana 4	63,95	0	0
					Semana 5	54,68	0	0
					Semana 6	47,43	4	0
ENSAYO 8	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	Semana 1	47,01	1	0
					Semana 2	53,45	1	0
					Semana 3	63,08	2	0
					Semana 4	79,80	2	0
					Semana 5	74,45	0	0
					Semana 6	67,33	5	0

5.5.1.5 ANÁLISIS DE RESULTADOS MICROBIOLÓGICOS Y DETERMINACIÓN DEL HIERRO

Luego de la obtención de datos de las pruebas microbiológicas y la determinación de hierro en cada una de las muestras elaboradas para cada una de las 6 semanas de pruebas de estabilidad se analizó estadísticamente los efectos de los factores como período de extracción, uso de pasteurización, uso de preservantes y temperatura de almacenamiento para las respectivas semanas y en base a estos resultados obtener un valor de influencia en la vida de anaquel del producto a elaborar como lo es la bebida enriquecida con hierro:

5.2.2.5 (a) ANALISIS MICROBIOLÓGICOS

Los resultados de los análisis microbiológicos se presentan en las tablas de la 5-24 a la 5-29.

Tabla 5- 25. Análisis de varianza para la semana 1

Efectos Principales	Suma de cuadrados	Df	Media de cuadrados	Razón F	P valor
A: Pasteurizado	15,125	1	15,125	0,45	0,5514
B:Período	25,125	1	28,125	0,83	0,4289
C:Preservante	48,125	1	45,125	1,34	0,3315
D:Temperatura	66,125	1	66,125	1,96	0,2563
RESIDUAL	101,375	3	33,7917		
Total Corregido	255,875	7			

Tabla 5- 26. Análisis de varianza para la semana 2

Efectos Principales	Suma de cuadrados	Df	Media de cuadrados	Razón F	P valor
A: Pasteurizado	0,125	1	0,125	0,27	0,6375
B:Período	0,125	1	0,125	0,27	0,6375
C:Preservante	0,125	1	0,125	0,27	0,6375
D:Temperatura	0,125	1	0,125	0,27	0,6375
RESIDUAL	1,375	3	0,458333		
Total Corregido	1,875	7			

Tabla 5- 27. Análisis de varianza para la semana 3

Efectos Principales	Suma de cuadrados	Df	Media de cuadrados	Razón F	P valor
A: Pasteurizado	0,5	1	0,5	0,6	0,495
B:Período	0,5	1	0,5	0,6	0,495
C:Preservante	0	1	0	0	1
D:Temperatura	2	1	2	2,4	0,2191
RESIDUAL	2,5	3	0,83333		
Total Corregido	5,5	7			

Tabla 5- 28. Análisis de varianza para la semana 4.

Efectos Principales	Suma de cuadrados	Df	Media de cuadrados	Razón F	P valor
A: Pasteurizado	0,5	1	0,5	0,18	0,7027
B: Período	2	1	2	0,71	0,4625
C: Conservante	2	1	2	0,71	0,4625
D: Temperatura	0,5	1	0,5	0,18	0,7027
RESIDUAL	8,5	3	2,8333		
Total Corregido	13,5	7			

Tabla 5- 29. Análisis de varianza para la semana 5.

Efectos Principales	Suma de cuadrados	Df	Media de cuadrados	Razón F	P valor
A: Pasteurizado	0,125	1	0,125	0,27	0,6376
B: Período	0,125	1	0,125	0,27	0,6376
C: Conservante	0,125	1	0,125	0,27	0,6376
D: Temperatura	0,125	1	0,125	0,27	0,6376
RESIDUAL	1,375	3	0,45833		
Total Corregido	1,875	7			

Tabla 5- 30. Análisis de varianza para la semana 6.

Efectos Principales	Suma de cuadrados	Df	Media de cuadrados	Razón F	P valor
A: Pasteurizado	36,125	1	36,125	0,39	0,5782
B: Período	91,125	1	91,125	0,98	0,3962
C: Conservante	78,125	1	78,125	0,84	0,428
D: Temperatura	28,125	1	28,125	0,3	0,6215
RESIDUAL	280,375	3	93,4583		
Total Corregido	513,875	7			

Como puede observarse, en este caso, los efectos de los factores período de extracción, uso de pasteurización, uso de conservantes y temperatura de almacenamiento para las semanas 1 a la 6, tienen P-valores mayores de 0.05 y 0.10, indicando que estos no son significativamente diferentes de cero, a los niveles de confianza del 95 y 90%.

Por lo tanto, puede decirse que: *la vida de anaquel del producto en cuanto a su inocuidad expresada como “conteo total de bacterias” no es afectada por las*

combinaciones de tratamientos de los factores período de extracción, uso de pasteurización, uso de preservantes y temperatura de almacenamiento.

5.2.2.5 (b) DETERMINACIÓN SULFATO FERROSO

Los resultados de los análisis microbiológicos se presentan en las tablas de la 5-30 a la 5-35.

Tabla 5- 31. Análisis de varianza para la semana 1.

Efectos Principales	Suma de cuadrados	Df	Media de cuadrados	Razón F	P valor
A: Pasteurizado	44,7931	1	44,7931	0,18	0,702
B: Período	106,507	1	106,507	0,42	0,5624
C: Preservante	178,133	1	178,133	0,71	0,4627
D: Temperatura	21,4185	1	21,4185	0,08	0,7899
RESIDUAL	757,835	3	252,612		
Total Corregido	1108,69	7			

Tabla 5- 32. Análisis de varianza para la semana 2.

Efectos Principales	Suma de cuadrados	Df	Media de cuadrados	Razón F	P valor
A: Pasteurizado	0,348613	1	0,348613	0,01	0,9333
B: Período	159,758	1	159,758	3,79	0,1467
C: Preservante	4,66651	1	4,66651	0,11	0,7612
D: Temperatura	62,776	1	62,776	1,49	0,3095
RESIDUAL	126,47	3	42,1566		
Total Corregido	354,019	7			

Tabla 5- 33. Análisis de varianza para la semana 3.

Efectos Principales	Suma de cuadrados	Df	Media de cuadrados	Razón F	P valor
A: Pasteurizado	17,9101	1	17,9101	0,19	0,6927
B: Período	146,12	1	146,12	1,55	0,302
C: Preservante	660,843	1	660,843	7	0,0773
D: Temperatura	65,3796	1	65,3796	0,69	0,4665
RESIDUAL	283,42	3	94,4733		
Total Corregido	1173,67	7			

Tabla 5- 34. Análisis de varianza de la semana 4.

Efectos Principales	Suma de cuadrados	Df	Media de cuadrados	Razón F	P valor
A: Pasteurizado	128,721	1	128,721	1,43	0,3178
B: Período	15,4846	1	15,4846	0,17	0,7063
C: Conservante	77,1903	1	77,1903	0,86	0,4229
D: Temperatura	3,28961	1	3,28961	0,04	0,8607
RESIDUAL	270,25	3	90,0832		
Total Corregido	494,935	7			

Tabla 5- 35. Análisis de varianza de la semana 5.

Efectos Principales	Suma de cuadrados	Df	Media de cuadrados	Razón F	P valor
A: Pasteurizado	12,7765	1	12,7765	0,73	0,455
B: Período	277,419	1	277,419	15,9	0,0282
C: Conservante	3,65851	1	3,65851	0,21	0,6781
D: Temperatura	307,892	1	307,892	17,65	0,0246
RESIDUAL	52,3284	3	17,4428		
Total Corregido	654,075	7			

Tabla 5- 36. Análisis de varianza de la semana 6.

Efectos Principales	Suma de cuadrados	Df	Media de cuadrados	Razón F	P valor
A: Pasteurizado	0,0338	1	0,0338	0	0,9781
B: Período	418,762	1	418,762	11,02	0,0451
C: Conservante	88,5781	1	88,5781	2,33	0,2243
D: Temperatura	144,33	1	144,33	3,8	0,1465
RESIDUAL	114,017	3	38,0058		
Total Corregido	765,721	7			

Como puede observarse, en este caso, los efectos de los factores período de extracción, uso de pasteurización, uso de preservantes y temperatura de almacenamiento para las semanas 1 a la 4, tienen P-valores mayores de 0.05 y 0.10, indicando que estos no son significativamente diferentes de cero, a los niveles de confianza del 95 y 90%.

Por lo tanto, puede decirse que: *la vida de anaquel del producto hasta la semana 4, en cuanto a su característica de calidad "contenido de hierro en su estado ferroso" no es afectada por las combinaciones de tratamientos de los factores período de*

extracción, uso de pasteurización, uso de preservantes y temperatura de almacenamiento.

Puede observarse que si bien es cierto para la semana 5 se observa efecto del periodo de extracción y de la temperatura de almacenamiento sobre la concentración de hierro en su forma ferrosa y para la semana 6 se observa el efecto solo del periodo extracción, en ambos casos se considera que estos no son significativos porque implican una tendencia al enriquecimiento en la forma ferrosa lo cual podría presentar un beneficio nutritivo para el producto.

5.2.2.5 (c) TIEMPO

El Análisis de varianza para el hierro ferroso evaluado por semana como se presenta en la tabla 5-36.

Tabla 5-37. Efectos significativos del factor tiempo sobre la concentración de hierro.

Efectos Principales	Suma de cuadrados	Df	Media de cuadrados	Razón F	P valor
Entre grupos	425,559	5	85,1118	0,79	0,566
Dentro de los grupos	45551,11	47	108,36		
Total	4976,67	47			

Como puede observarse no existe efecto significativo al 5 y al 10% del factor tiempo sobre la concentración del componente ferroso en el producto. Expresado de otra forma, puede decirse que a los niveles de confianza del 95 y 90% la concentración del componente ferroso en el producto ha permanecido estable durante seis semanas de almacenamiento.

6. DISEÑO DE UNA PLANTA PARA LA ELABORACIÓN DE UNA BEBIDA SABORIZADA Y FORTIFICADA CON HIERRO A PARTIR DE AGUA NATURALMENTE ENRIQUECIDA BAJO EL ENFOQUE DE INGENIERÍA SOSTENIBLE Y PROCESO ROBUSTO

Debido a la naturaleza del producto y por tratarse del procesamiento de un producto alimenticio tienen que ponerse en práctica reglas tales como las buenas prácticas de manufactura y registros de pruebas de calidad.

Cada país y región tiene reglas que gobiernan la producción de productos alimenticios, además de existir estándares internacionales que también pueden tener un efecto en el diseño y operación de una planta de esta naturaleza, los cuales deben ser un referente para tomar en cuenta a la hora de diseñar dicha planta y proceso.

Las empresas dedicadas a rubros similares tienen como referencia certificaciones internacionales que incluye el cumplimiento de los requerimientos del Programa de Análisis de Riesgos y Puntos Críticos de Control, así como la garantía de que las materias primas provienen de fuentes confiables y que el producto final ha sido manufacturado en una forma sanitaria.

Para fines de este estudio se ha tomado como referencia para garantizar la calidad del producto alimenticio el sistema de prerrequisitos PAS 220 en lo referente al diseño de la planta, puesto que esta norma trata todos los aspectos básicos para garantizar la inocuidad y las buenas prácticas en una planta de alimentos tanto en su diseño como en su funcionamiento. Así también, no se pierde de vista el aspecto ambiental tan importante hoy en día a la hora de diseñar no solo el funcionamiento sino también la infraestructura de una planta.

6.1 DISEÑO DE PLANTA PARA LA PRODUCCIÓN DE UNA BEBIDA SABORIZADA ENRIQUECIDA CON HIERRO

Para el diseño de la planta necesaria para la producción de una “bebida saborizada y fortificada con hierro” se desarrollaran los siguientes puntos clave para su correcto diseño:

- a) Infraestructura de la planta
- b) Localización
- c) Servicio de energía eléctrica
- d) Diseño del proceso productivo
- e) Equipos y maquinaria
- f) Distribución en planta
- g) Organización del recurso humano
- h) Implementación buenas prácticas de manufactura a tener en cuenta en el proceso productivo.

6.1.2 INFRAESTRUCTURA DE LA PLANTA

En cuanto a la infraestructura se refiere en el exterior de las instalaciones de las embotelladoras, cerca del edificio, no debe encontrarse almacenamiento de equipo, tarimas o plataformas de carga, etc., ya que se pueden albergar plagas. Por la misma razón, la maleza, pasto o hierba debe mantenerse alejada (la distancia recomendada es de 45 a 90 centímetros) de la pared exterior. La basura debe ser controlada y no evidente. Los basureros deben contar con tapaderas en buen estado y permanecer cubiertos todo el tiempo.

El estacionamiento y la carretera cercana a las instalaciones, deben contar con control de polvo. Las paredes exteriores de las instalaciones donde se producirá el agua enriquecida con hierro deben ser sólidas, sin aperturas que permitan la entrada de plagas al edificio o que permitan su refugio en el interior.

Las paredes internas deben ser de construcción sólida también, las paredes y los pisos en las áreas de tratamiento y proceso deben ser no-absorbentes y de fácil limpieza. Debe existir alumbrado adecuado en todas partes, particularmente en el cuarto de llenado y en la sección de tratamiento/producción. La plomería debe estar instalada

apropiadamente. No puede haber conexiones cruzadas. El agua a tratar para el producto debe encontrarse separada del agua que se utiliza para las operaciones.

El proceso de llenado y tapado del producto debe realizarse en un cuarto separado de todas las otras operaciones en la planta. Esto significa que en el mismo cuarto no haya cajas, ni lavadoras u otro equipo no relacionado con el proceso en sí de llenado/tapado. Los pisos, paredes y techos en este cuarto deben ser de superficie lisa, no absorbente y de fácil limpieza y sanitizado.

Debe existir ventilación adecuada. Un lavamanos debe encontrarse disponible y debe ser de fácil acceso para los empleados que trabajan en dicho cuarto. Se requiere suficiente alumbrado y todas las placas de luz deben estar cubiertas para proteger los focos de un rompimiento potencial que puede contaminar el producto o el empaçado.

El almacenamiento en el edificio y toda la planta debe estar alejado de las paredes y separado del piso para permitir el acceso para limpiar, así como para observar cualquier actividad de plagas potencial.

El lugar donde permanezcan las botellas debe estar siempre protegido del polvo y de estornudos humanos.

Las que se encuentran sobre bandas. Las tapas y las botellas deben almacenarse y manejarse de tal forma que se evite la contaminación. Las botellas que se desecharán debido a razones sanitarias o de limpieza, deben ser destruidas y almacenadas lejos del sitio de producción.

6.1.3 LOCALIZACION

Partiendo de la primicia que una planta industrial debe estar concebida y establecida cerca o en el lugar donde la materia prima esté disponible, es el caso de industrias como el cemento, la cerámica, ingenios azucareros, entre otras; de la misma manera la fabricación de este complemento alimenticio debe tener su planta de producción donde se encuentre el manantial para no incurrir en gastos onerosos de transporte hacia la planta de producción, o desarrollar proyectos de conducción que implicaría un desembolso de recursos considerable.

Específicamente la planta estará ubicada en el sector cercano en la finca San Diego del municipio de Metapán donde se tiene dicho suministro de agua en forma natural, es decir aprovechar el recurso natural para industrializarlo de manera sustentable generando desarrollo al sector.

6.1.4 SERVICIO DE ENERGIA ELECTRICA

La energía eléctrica de la planta puede ser obtenida de la red pública, sin ningún problema puesto que cerca del pozo que planea utilizarse, ya existe este servicio. Sin embargo se recomienda implementar un programa de eficiencia energética empleando la menor cantidad de energía posible en la planta.

6.1.5 PROCESO PRODUCTIVO

A continuación en la figura 6.1 se muestra un diagrama que esquematiza la propuesta del proceso de producción de agua envasada enriquecida con micronutrientes.

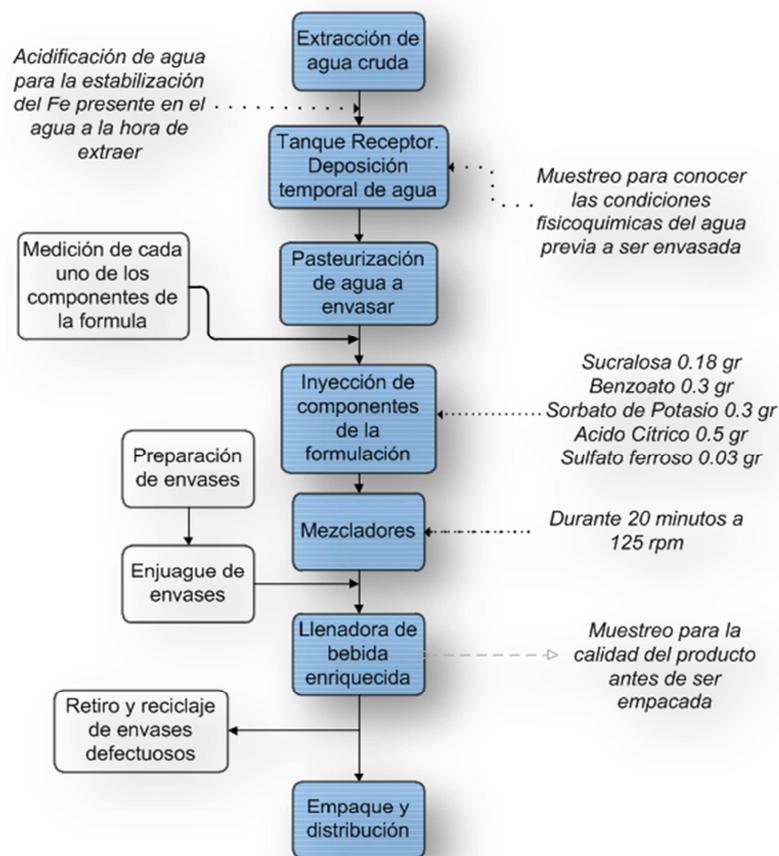


Figura 6-1. Diagrama del proceso de elaboración de agua envasada fortificada con hierro

6.1.5.1 RECEPCIÓN DEL AGUA PROVENIENTE DEL POZO CON ALTO CONTENIDO DE HIERRO

El agua se extraerá de subsuelo por medio de un sistema de bombeo, esta agua se captará en tanques de acero inoxidable, los cuales se lavaran y sanitizarán periódicamente y se contabilizará por medio de sensores de nivel electrónico que registraran los volúmenes de agua purificada en el sistema “

A00l momento de la extracción se realizará una medición de caudal que ira registrado en un sistema de adquisición de datos, esta operación servirá para registrar caudales de entrada del afluente para el proceso para posteriormente comparar con el almacenaje de agua purificada y establecer porcentajes de pérdidas de fluido en la operación y controlar el producto, aparte se realizará una medición de turbidez y niveles de hierro (De acuerdo al Standard Methods) para analizar qué tipo de agua está suministrándose a la planta y realizar una correcta acidificación de la matriz de agua para tratar correctamente el hierro.

6.1.5.2 BOMBEO A LOS EQUIPOS DEL PROCESO DE FABRICACION

El agua se suministrará a los equipos de manufacturación del producto mediante una bomba sumergible, la cual es muy silenciosa y que proporciona el caudal y la presión necesarios.

6.1.5.3 PASTEURIZACION

A pesar de que la matriz de agua del producto presenta buenas condiciones, es necesario un proceso de pasteurización con el objeto de reducir los agentes patógenos que puedan contener: bacterias, protozoos, mohos y levaduras, etc.

6.1.5.4 INYECCION DE COMPONENTES DE LA FORMULACION

El producto es bombeado a los tanques de mezcla, los cuales deben ser de acero inoxidable y con mezcladores adecuados para homogenizar el producto una vez se agreguen los ingredientes necesarios para satisfacer las necesidades requeridas del producto en base a la formulación establecida anteriormente.

6.1.5.5 BOMBEO FINAL

La bebida fortificada enriquecida con hierro se bombea mediante un equipo hidroneumático a los llenadores.

6.1.5.6 LLENADO.

Finalmente se llenan los envases y se pone una tapadera nueva. Un número de pruebas de proceso también son requeridas o recomendadas para medición de pH, olor, color, pruebas microbiológicas y pruebas de sabor. Estas se realizan regularmente en el producto terminado durante el procesamiento para determinar si la producción es consistente y si la manufacturación es aceptablemente inocua. Un análisis posterior debe realizarse para detectar presencia de detergentes en las botellas limpias y así determinar si el enjuague es adecuado.

Es importante también realizar controles en el proceso que requiere documentación para todos los aspectos de la producción. Se requieren registros para los procedimientos de limpieza, y mantenimiento del equipo.

6.1.5.7 EMPACADO

El producto final será empacado en paquetes de 12 unidades, conservados juntos con polietileno de alta densidad pasados los paquetes por un túnel de calor.

6.1.6 EQUIPOS Y MAQUINARIA

6.1.6.1 LLENADORA AUTOMÁTICA

Esta llenadora de acero inoxidable está enfocada para producciones de 900 a 3000 litros (agua) por hora dependiendo del número de boquillas, es un equipo automático y versátil con facilidad para cambios de formato de envases. El equipo cuenta con una banda transportadora, sistema automático PLC y TouchScreen para la operación y setup. Excelente para productos de baja a media viscosidad, sin partículas y productos espumosos.

Características:

- ✓ Pedestal Inox AISI 304
- ✓ Ejes de precisión con baleros lineales para el movimiento de las boquillas
- ✓ Hasta 12 boquillas AISI 316 en diferentes diámetros
- ✓ Banda Transportadora con cadena plástica
- ✓ Manifold con Tri-Clamp, expandible
- ✓ Bomba adecuado al producto a llenar
- ✓ Tanque de rebalse de 100 litros

Componentes y funciones:

- ✓ Controlada por PLC y pantalla táctil
- ✓ Moto reductor CA con variador de frecuencia
- ✓ Foto celdas para detección de envases
- ✓ Control de presencia de envases / control de atascos
- ✓ Entrada / Salida de botellas por cilindros neumáticos controlados por PLC
- ✓ Programa de ajuste manual

Ajustes programadas para diferentes envases:

- ✓ Alimentación: 220VAC / 5 CFM
- ✓ Espacio: 60cm x 300cm x 190cm (Ancho x Largo x Alto)



Figura 6-2. Equipo de llenado del producto.

6.1.6.2 TAPONADORA

La taponadora es un modelo totalmente automático diseñado para trabajo pesado lo que le permite reducir la necesidad de paro por mantenimiento incrementando su flexibilidad y eficiencia. Coloca y enrosca tapas con gran precisión y es fácilmente ajustable para diferentes diámetros de tapas.

Características:

- ✓ 6 ruedas de enroscado
- ✓ 2 juegos de embragues mecánicos
- ✓ Faja de goma para buen agarre y fricción con los tapones
- ✓ Pedestal fuerte de acero inoxidable
- ✓ Orientador por vibraciones
- ✓ Tobogán de alimentación completamente ajustable
- ✓ Altura máximo del equipo es 105" (2667mm)
- ✓ Rendimiento: 100 envases por minuto
- ✓ Alimentación eléctrica: 115VAC / 1 / 10 A



Figura 6-3. Taponadora

6.1.6.3 CADENA O BANDA TRANSPORTADORA

Construidas en acero inoxidable con escuadras ajustables para trabajar con diferentes formas y tamaños de envases, soportes con patas niveladoras y cadena de tiras antidesgaste.

Características:

- ✓ Construcción tipo canal C, Inox AISI 304
- ✓ Cadena plástica tipo Table Top
- ✓ Guía antidesgaste UHMW
- ✓ Riel de guía ajustable
- ✓ Motor reductor de 1/2HP
- ✓ Velocidad fija 12 m/min
- ✓ Opcional velocidad variable con variador de frecuencia



Figura 6- 4. Banda transportadora

6.1.6.4 TÚNEL DE CALOR O DE TERMOENCOGIMIENTO

Túnel de calor para termoencoger productos previamente empacados con películas de PVC o polielefina. Cuenta con transportador de velocidad variable con rodillos giratorios recubiertos con silicona.



Figura 6-5. Túnel de calor o de termoencogimiento.

Características:

- ✓ Alimentación: 220VAC / 1 ph
- ✓ Túnel: 40 cm x 25 cm (Ancho x Alto)
- ✓ Consumo: 6 Kw

6.1.6.5 TANQUES DE ACERO INOXIDABLE



Tanque de acero inoxidable para la mezcla de los componentes de la bebida con el agua de tratamiento e enriquecida naturalmente.

Figura 6-6. Tanque de mezclado

Características:

- ✓ Tanque realizado en acero inoxidable calidad 304
- ✓ Diámetro 640 mm.
- ✓ Altura tacho 1000 mm.
- ✓ Altura patas con ruedas 300 mm.
- ✓ Fondo plano sin tapa salida con Niple 1 1/2'

6.1.6.6 PASTEURIZADOR



Figura 7-7. Tanque de mezclado

Características:

- ✓ Capacidad 10 - 500 hl/h
- ✓ Temperatura de pasteurización 75 - 95°C
- ✓ Tiempo de pasteurización 30 - 90 sec.
- ✓ Contenido Max de CO₂: 10 g/l
- ✓ Grado de regeneración: 85 - 97 %
- ✓ Presión de operación: 0 - 8 bar
- ✓ Diámetro nominal: DN 25- DN 100 [mm]
- ✓ Materiales de construcción: AISI 304 (1.4301); AISI 316L (1.4403)

6.1.6.7 COMPRESOR



Figura 8-8. Compresor de aire

Características:

- ✓ Compresor de aire, 1,5 HP, 75 litros
- ✓ Material: Metal.
- ✓ Medidas: Cabezal: C-84 Fe, tanque: 75 litros, aspirado: 180 litros/min,
- ✓ Presión: 8 BAR (115 psi), motor: 1/2 HP, 2 cilindros, 110/220 voltios.
Manguera de aire, 3/8\" x 10 m
- ✓ Base y conexiones. Resiste hasta 300 PSI de presión.

6.1.7 DISTRIBUCION EN PLANTA

Una vez que sea determinado las etapas y las máquinas integrantes para el proceso se ha dispuesto el ordenamiento de las áreas y equipos en el terreno disponible; para poder extraer, tratar y envasar con la logística y sistemas adecuadas.

Según la figura 6-10 se necesitará un área de 218.96 m² para tener las secciones y el flujo del proceso necesario considerando además el almacenamiento de producto terminado, quedando un espacio prudencial para la logística de la planta, ya sea en parqueos zona de desperdicio y libre circulación del transporte de materia prima y producto terminado. La nave industrial será concebida estructura metálica con la iluminación y la ventilación pertinente, asentada en bases de hormigón, el piso será de hormigón rígido, recubierto por pintura especial que demanda este tipo de planta alimentaria para prever una producción aséptica.

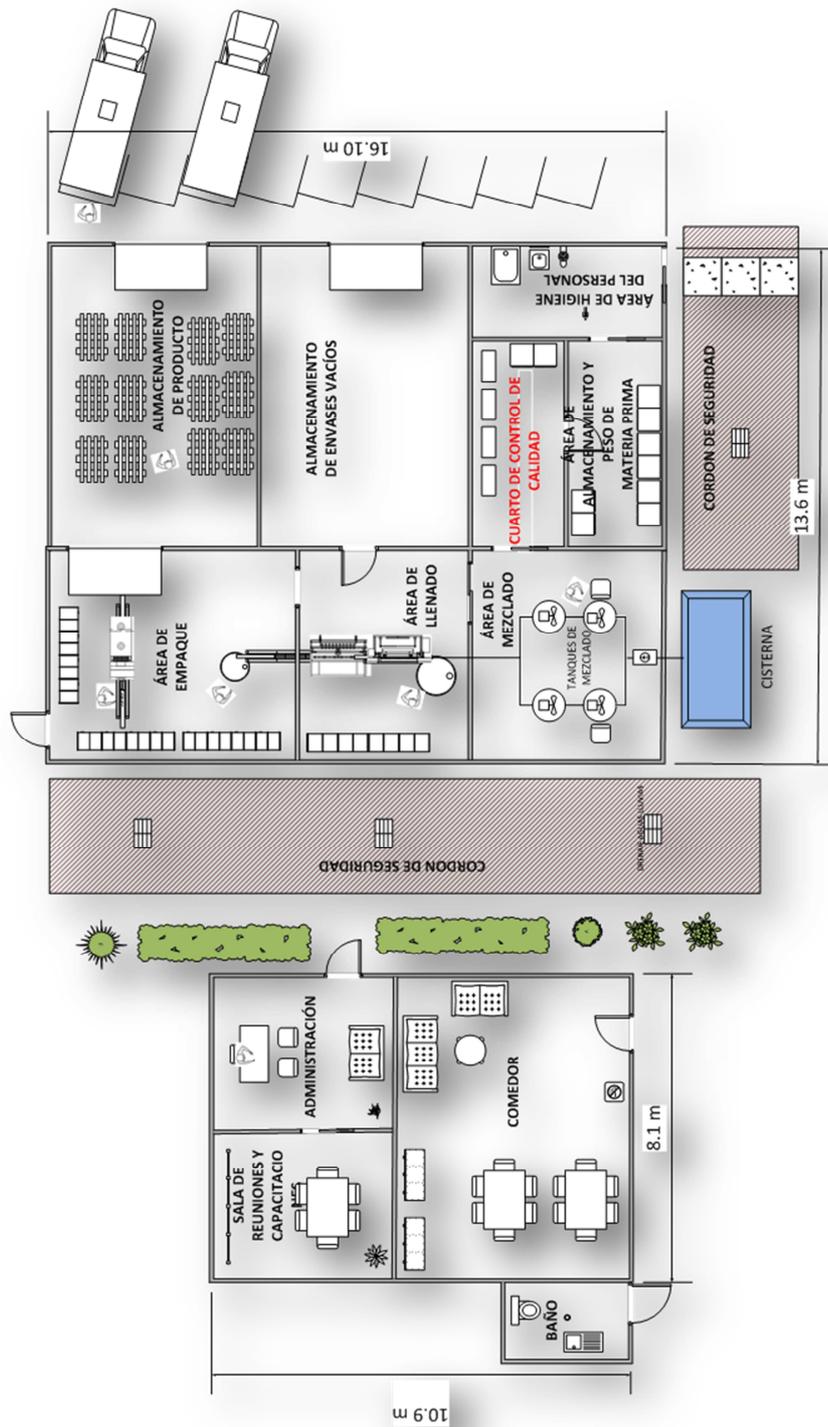


Figura 9-9. Planta de producción

Fuente: Autoría propia

6.1.8 ORGANIZACIÓN DEL RECURSO HUMANO

Para el funcionamiento de una planta, no solo es necesaria maquinaria e infraestructura, sino la parte mas importante de esta para la manufacturación es el indispensable recurso humano debidamente entrenado, no solo en la parte operativa sino también en la administrativa y de mantenimiento.

En la tabla 6-1 se lista un estimado de los empleados

Tabla 6-1. Empleados administrativos

ADMINISTRACION	PERFIL
Gerente financiero	Lic. En administración de empresas
Secretaria	Bachiller en contabilidad
Guardia	Guardia contratado a empresa privada.

Fuente: Autoría propia

Tabla 6-2. Personal de producción

PRODUCCION	PERFIL
Gerente de planta	Ing. Químico
Jefe de laboratorio	Ing. Químico
Controlador de lavado	Bachiller
Controlador de llenado	Bachiller
Empacador y estibador	Bachiller
Asistente de laboratorio	Bachiller

Fuente: Autoría propia

Los empleados que trabajan en la producción del embotellado o cerca de ésta, deben usar redecillas para cabello, ropa limpia, no fumar en ningún sitio más que en áreas asignadas, no comer en las áreas de producción y deben manejar el equipo y las botellas/tapas en forma sanitaria. Para operar la planta se ha establecido jurisdicciones como administración, producción, mantenimiento.

Tabla 6-3. Técnico de mantenimiento.

MANTENIMIENTO	PERFIL
Eléctrico	Técnico en ingeniería eléctrica
Mecánico	Técnico en ingeniería Mecánica

Fuente: Autoría propia.

6.1.9 IMPLEMENTACIÓN BUENAS PRÁCTICAS DE MANUFACTURA

6.1.9.1 INDICADORES DE EVALUACIÓN

Indicadores a tomar en cuenta a la hora de echar a andar la planta de producción de la bebida enriquecida con hierro son:

1. **Hábitos de higiene del personal:** Revisión del uniforme limpio y completo, aseo personal y de objetos personales.
2. **Programas de control de plagas:** Mapa contra roedores, documentos firmados para hacer constar fumigación.
3. **Pruebas organolépticas:** Sabor, olor y color.
4. **Programa de capacitación del personal:** Capacitación en buenas prácticas de manufactura, capacitación en limpieza de equipos.
5. **Programa de limpieza y desinfección:** Se tiene un procedimiento de limpieza y sanitización.
6. **Registro de parámetros del agua:** Conductividad, sólidos totales, PH, turbidez, Concentración de ozono del tanque y de llenado, cloro del tanque cisterna (todos los parámetros son corroborados con los parámetros establecidos en la para agua envasada)
7. **Registros de análisis microbiológicos y fisicoquímicos del producto terminado:** Se lleva un análisis microbiológico por lotes de producción.

6.1.9.2 PROGRAMA DE BUENAS PRÁCTICAS OPERATIVAS

Algunas de las medidas importantes relacionadas con buenas prácticas operativas son:

1. Establecer un programa de mantenimiento preventivo de la maquinaria.
2. Establecer un control de inventarios y registros de insumos y producto acabado.
3. Solicitar a los proveedores hojas técnicas y hojas de seguridad de los productos químicos.

4. Establecer un control de consumos específicos.
5. Establecer un sistema de recolección de muestras con sus respectivos análisis.
6. Contar con pisos planos y lisos en todos los ambientes de la planta, para facilitar la limpieza.
7. Cubrir las canaletas y los tanques a ras de piso para evitar accidentes.
8. Reducir pérdidas de energía por falta de aislamientos adecuados.
9. Programar un mantenimiento semanal de la llenadora.

6.1.9.3 LISTADO DEL TIPO DE SUSTANCIAS QUÍMICAS A UTILIZAR EN LA PLANTA.

A continuación se presenta el listado de las sustancias químicas utilizadas en la planta de envasado para la higiene y sanitización de los equipos e instalaciones.

Tabla 6- 4. Listado de sustancia químicas utilizadas en la planta de producción.

LISTADO DE SUSTANCIAS QUIMICAS	
Nombre	Descripción y uso en la planta
1. Detergente ácido	<i>Limpiador ácido para la limpieza y desinfección de los utensilios sanitarios y superficies metálicas.</i>
2. Sanitizante líquido	<i>Sanitizante formulado con amonio cuaternario utilizado para la eliminación de hongos y mohos.</i>
3. Hipoclorito de Calcio	<i>Se utiliza para la inocuidad del agua que se utiliza en el proceso de sanitación del sistema de envasado. Contiene 70 % de cloro.</i>
4. Jabón líquido para manos	<i>Jabón líquido para la limpieza de las manos del personal que trabaja en la producción.</i>
5. Desinfectante de nivel medio	<i>Sanitizante utilizado para la desinfección de los microorganismos (Gram positivo y Gram negativo)</i>
6. Alcohol gel	<i>Gel utilizado para la desinfección de manos.</i>
7. Detergente líquido neutro	<i>Limpiador líquido concentrado utilizado para la limpieza y desengrase los estantes en la planta y equipo de acero inoxidable.</i>

Fuente: Autoría propia

6.1.9.4 REQUERMIENTOS DE LABORATORIO DE CALIDAD

El Departamento de Control de Calidad tiene la responsabilidad de controlar continuamente todo el proceso de los productos elaborados en la planta a través de análisis fisicoquímicos y microbiológicos, para ejecutar efectivamente los análisis enfocados a:

- ✓ Materias primas
- ✓ Materiales de empaçado
- ✓ Aditivos
- ✓ Materiales auxiliares
- ✓ Producto en proceso
- ✓ Procesos de producción y empaçado
- ✓ Manejo de producto terminado.

La parte del laboratorio de calidad dedicada a los análisis microbiológicos debe contar con:

- ✓ Una zona de manipulación en esterilidad, para lo cual sería necesario una cabina estéril por Flujo Laminar Vertical, para no afectar de manera significativa la inocuidad de las muestras tomadas y que los resultados no se vean afectados, pues este punto es muy crítico y un resultado no verídico podría echar a perder un lote en buen estado.



Figura 10-10. Cabina De flujo Alminar vertical

- ✓ Estufas para incubar, las cuales permiten el crecimiento de colonias de microorganismos.



Figura 11-11. Estufas

- ✓ Refrigeradores profesionales para laboratorio, para poder conservar los medios de cultivo necesarios en las pruebas microbiológicas.



Figura 12-12. Refrigeradoras profesionales

- ✓ Mesas de acero inoxidable para trabajar las muestras



Figura 13-13. Mesas de acero Inoxidable

La parte del laboratorio de calidad dedicada a los análisis fisicoquímicos debe contar con:

- ✓ Balanza analítica para una mejor precisión en pesar los reactivos necesarios para la determinación de parámetros críticos como el hierro que contiene tanto el agua de entrada a la planta como el producto final.



Figura 14-14. Balanza Analítica

- ✓ Espectrofotómetro, para los análisis que así lo requieran de acuerdo al manual de la APHA de análisis de agua.



Figura 15-15. Espectrofotómetro

- ✓ Medidor de PH, conductividad y Sólidos disueltos totales, para llevar un historial de registro de estos parámetros tanto en agua de entrada como producto final.



Figura 16-17. Equipo de Medidor de PH, conductividad y Sólidos disueltos totales

Cabe mencionar que ambas áreas del laboratorio de calidad necesitarán toda la cristalería y reactivos necesarios establecidos en las marchas para análisis microbiológicos y fisicoquímicos, dichas marchas se encuentran en el anexo B de este trabajo de investigación.

6.1.9.5 DISPOSICIÓN DE DESECHOS

Los desechos que se genere serán clasificados de acuerdo a su grado de afección, considerandomateriales peligrosos y biodegradables. Los materiales peligrosos que podrían causar un impacto al recurso suelo y al producto serían los lubricantes que son utilizados en las maquinas siendo el departamento de mantenimiento el encargado de la manipulación, otro de los materiales que podrían causar daño al ambiente son los residuos de partes de tubería y repuestos que ha medida que se produzca necesitan recambio siendo el mismo departamento encargado en reunirlos y desecharlos con precaución.

En cuanto al material biodegradable se encuentra las botellas desechadas como avería que pueden ser triturados y nuevamente vueltos a ser materia prima para producir envases nuevos, la planta se comprometería en entregar estos materiales a la empresa proveedora para que haga el trabajo de reciclado.

Para el proceso los respectivos departamentos ya sea producción, laboratorio y oficinas generan papel proveniente de formatos de toda índole que pueden ser clasificados para desecharlos como material reciclable.

7. CONCLUSIONES

1. La composición óptima del agua enriquecida con hierro para todas las características sensoriales evaluadas orientan a no utilizar sulfato de hierro, debido a la naturaleza del producto, la adición del sulfato de hierro es imprescindible para lograr que sea considerada un agua fortificada. Esto de acuerdo a las figuras 5-1 a la 5-6, las formulaciones de las muestras 16 y 13, de composiciones intermedias para todos los componentes, presentan una aceptabilidad promedio del 61%. Lo mismo puede decirse de la formulación de la muestra 17, que con la concentración máxima de sulfato de hierro presenta una aceptabilidad del 57%, lo cual presenta una desviación del 17% de la aceptabilidad óptima estimada para el producto que es del 69%.

Por lo tanto la formulación óptima para el producto propuesto en este trabajo de investigación es:

Sucralosa	0,18 gr
Benzoato	0,3 gr
Sorbato de potasio	0,3 gr
Ácido cítrico	0,5gr
Sulfato	0.03 gr

2. Los análisis fisicoquímicos de la estabilidad del hierro en su forma Fe^{+2} (evaluada por el método de la fenantrolina) y microbiológica (evaluada por el método de recuento en placas), demuestran que la formulación elegida conserva en un tiempo estimado de seis semanas, rangos aceptables de estos dos importantes parámetros y que garantizan la inocuidad y la calidad del producto.
3. El pozo de la Finca San diego en el municipio de Metapán, fue elegido para realizar el estudio, debido a su alto contenido de hierro en la matriz de agua de forma natural, sin embargo el estudio está realizado para poder llevar a cabo la elaboración de la bebida fortificada con hierro a partir de cualquiera que sea la matriz de agua, siguiendo así el concepto de proceso robusto.

4. La planta propuesta en la investigación, tiene como fin no solo la elaboración del producto sino también cumplir con normas de calidad en la elaboración del producto con un procedimiento general, distribución en planta según estándares de calidad establecidos en la normativa PAS 220, aseguramiento de la calidad del producto final con la construcción y correcto equipamiento de un laboratorio de calidad, como también la correcta disposición de los desechos con un programa para esto.

5. El producto desarrollado no es un producto para llegar a competir en el mercado como una bebida saborizada enriquecida con micronutrientes, sino más bien es planteado como un producto de función social con el aporte necesario para solventar una problemática de salud pública en El Salvador muy compleja como es la anemia, enfocado sobre todo en edades escolares y mujeres en edad fértil.

6. Los equipos propuestos en diseño de la planta de producción de agua enriquecida con hierro, deben de ser utilizados dentro del rango de parámetros en los que fueron establecidos en la secciones 6.1.6.1 a la 6.1.6.7, de lo contrario sufrirán desperfecto y no se garantiza los resultados esperados.

8. RECOMENDACIONES

1. Se recomienda buscar apoyo con el Ministerio de Salud y Organizaciones no Gubernamentales interesadas en el desarrollo humano desde el punto de vista de la salud pública y la desnutrición, no solamente para buscar financiamiento para la producción sino para verificar con expertos en el área de formulación y desarrollo de productos los efectos positivos y negativos sobre la salud a mediano y largo plazo de la bebida formulada.
2. Se recomienda hacer un inventario exhaustivo de las propiedades de un mayor número de pozos en el país, para así evaluar la posibilidad de generar en base a sus matrices de agua otros productos similares al planteado en este trabajo de investigación que puedan contribuir a paliar con el problema de la desnutrición no solamente enfocada desde la anemia sino también por la carencia de otros elementos importantes como podrían ser el Fluor, Calcio y Zinc.
3. La planta de producción de agua enriquecida debe estar concebida bajo normativas legales y ambientales donde las personas que integren la producción deben conocer la misión y visión e identificarse para cumplir con responsabilidad buscando el bien común y social dentro de un entorno sustentable.
4. Lograr alianzas estratégicas con varios cooperadores nacionales e internacionales y promover alianzas estratégicas entre los sectores público y privado para tener la posibilidad de no verse en riesgos de perder la labor social y la sostenibilidad económica del proyecto por lo que esta diversificación podría dar mucha ventaja e impacto a nivel nacional.

9. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ALDACO R. (2005). Control de fluoruros con recuperación de producto. Tesis doctoral. Universidad de Cantabria (España).
2. ANASTAS P.T. y Warner J.C. (1998). Green chemistry: theory and practice. Oxford University Press, Oxford, UK.<http://www.epa.gov/gcc/pubs/principles.html>
3. BENOIST, Dr. Bruno de, La anemia como centro de atención, hacia un enfoque integrado para el control eficaz de la anemia, 2004, Organización mundial de la salud, OMS.
4. BERMEJO, Benito. (1998). Arteología: desarrollar un producto. [Citada, junio 08, 2011]. Disponible en internet:
5. BOVEA, María Dolores. (1998). Consideración de los requerimientos medioambientales en el diseño de productos. Aplicación al diseño de mobiliario. [Citada, junio 08, 2011]. Disponible en internet:
6. CANDIO F, Hofmeyr GJ. Tratamientos para la anemia ferropénica en el embarazo: Comentario de la BSR La Biblioteca de Salud Reproductiva de la OMS (última revisión: 23 de noviembre de 2007); Ginebra: Organización Mundial de la Salud.
7. DEVIA, E.D. (2007). *"DESARROLLO DE NUEVOS PRODUCTOS"* Medellín: Dirección de Investigación y Docencia Universidad EAFIT.
8. DUTRA-DE-OLIVEIRA J E, "DrinkingWater a Universal MicronutrientCarrier, Anaemia Prevention with Iron Fortified Water" Department of Clinical Medicine, Division of Nutrology, Medical School of RibeirãoPreto, University of São Paulo, Brazil 2008.
9. E. YACUZZI, F. Martín, H.M. Quiñones, M.J. Popovsky, El diseño experimental y los métodos de Taguchi: Conceptos y aplicaciones en la Industria Farmacéutica, Universidad del CEMA.

10. Encuesta Nacional de Salud Familiar FESAL-2008; Informe Final, Octubre 2009; República de El Salvador, C.A.
11. GUERRERO, Andrés Manuel. (2001). Diseño de productos en una microempresa. [Citada, junio 08, 2011]. Disponible en internet:

http://books.google.com/books?id=MJ2a4cnMhfYC&source=gbs_similarbooks_r&cad=2

<http://tdx.cat/bitstream/handle/10803/10692/2de8.OPMcap.2.pdf?sequence=3>

<http://usuarios.iponet.es/casinada/arteolog/230.htm#asiakas>

http://www.ciat.cgiar.org/agroempresas/bvies/Rec_de_info/memoriasiicurs/cd_curso/Contenido/Modulo%203/Submodulos%203.1/Submodulo%203.1.2/disenos_productos.pdf

<http://www.gestiopolis.com/canales/emprededora/articulos/20/disproduct.htm>

http://www.gid.uji.es/docs/articles/boveaMD_98_01.pdf
12. Juan Álvarez Mendizábal, Manual de MERCK, Décima Edición, Edición del Centenario, 1999, Ediciones Harcourt, S.A, Madrid, España.
13. LATHAM, Michael C. 2002, Nutrición Humana en el mundo en desarrollo, alimentación y nutrición N° 29, FAO, Roma, Italia.
14. Manual de MERCK de Información Médica para el Hogar, Sección 14 Trastornos de la sangre, Capítulo 154, Anemias; 2005; Merck Sharp &Dohme, Madrid, España.
15. MARTÍNEZ, Dr. Oscar Primo, Mejoras en el tratamiento de lixiviados de vertederos de RSU mediante procesos de Oxidación Avanzada, Sept 2008, Universidad de Cantabria, España.

16. MARTÍNEZ, Oscar Primo, tesis Doctoral: Mejoras en el tratamiento de lixiviados de vertedero de RSU mediante procesos de oxidación avanzada, Sept. 2008, Universidad de Cantabria, España.
17. MARZANO, S. (1996). Designing for the New Industrial Renaissance. London, UK: The Centre for Sustainable Design.
18. MASERA D. (2001a) 'Sustainable Product Development, a strategy for developing countries' in 'Sustainable Solutions', Charter M. and Tishner U. editors, Greenleaf Publishing, UK.
19. MASERA D. 2001, Hacia un consumo sostenible en América latina y el caribe, programa de las naciones unidas para el medio ambiente PNUMA, LAC, Brasil 2001.
20. MCLEAN, Erin Cogswell, World wide prevalence of anaemia, WHO Vitamin and Mineral Nutrition Information System, 1993-2005; Public Health Nutrition: page 1 of 11, 2008, USA.
21. MUÑOZ I. (2006). Life cycle assessment as a tool for Green chemistry: application to different advanced oxidation processes for wastewater treatment. Tesis doctoral, Universidad Autónoma de Barcelona (España).
22. NUTRINET; Consultado 06 de abril 2011; Disponible en: <http://nutrinet.org/vm-estadisticas0>
23. Omar Dary, Compuestos de hierro para la fortificación de alimentos: Guías para América Latina y el Caribe (INCAP/OPS), 2002.
24. OSTERTAG, Carlos F. (2000). El diseño de productos. [Citada, junio 08, 2011]. Disponible en internet:
25. PULIDO, Eva Pérez, Nuevos Modelos de Producción "Hacia un modelo de Producción Robusta", 2005, Departamento de programas internacionales del instituto Andaluz de tecnología, Sevilla, España.

26. RUIZ Arturo, Faltó Rojas, Diseños Robustos: Aplicaciones a la mejora de procesos; 2000, Ingeniería ICAI. U.P Comillas, Técnicas de Optimización de Procesos, S.L, España.
27. VANSELAAR J. (2003). Sustainable growth and chemical engineering. Chemical Engineering and Technology 26, 868–874.<http://elisa.tertso.nl/tertso/susgrowth.pdf>
28. WHO/UNICEF/UNU. Iron deficiency anaemia: assessment, prevention, and control. Ginebra, Organización Mundial de la Salud, 2001 (WHO/NHD/01.3). (http://www.who.int/nut/documents/ida_assessment_prevention_control.pdf)
29. WILIPEDIA La enciclopedia libre; Consultado 04 de abril 2011; Disponible en: (buscar página sobre la anemia)
30. WORLD COMMISSION ON ENVIRONMENT AND DEVELOPMENT (1987) Our common future. General Assembly, 96 th plenary meeting 11 December 1987 (A/RES/42/187).
www.thesisred.net/bitstream/handle/10803/.../6de8.RAGdifusion.pdf
31. XERCAVINS, J., Cayuela, D., Cervantes, G., & Sabater, A. (2005). Desarrollo sostenible. Barcelona: Edicions de la Universitat Politècnica de Catalunya, SL.

10. ANEXOS

ANEXOS A

Artículo sobre agua potable como un portador de hierro para controlar la anemia en niños de edad preescolar en una guardería

DRINKING WATER A UNIVERSAL MICRONUTRIENT CARRIER ANAEMIA PREVENTION WITH IRON FORTIFIED WATER

Dutra-De-Oliveira J E, Marchini J S, Lamounier J, and Nogueira C A
*Department of Clinical Medicine, Division of Nutrology, Medical School of
Ribeirão Preto, University of São Paulo, Brazil*

Introduction

Micronutrient deficiencies are widespread, affecting a large proportion of the world's population. Deficiencies of iodine, iron, zinc and vitamin A are considered to be the most prevalent nutritional deficiencies. They are present mainly in the developing world and millions of persons are affected. Infants, preschool children and pregnant women are the major groups at risk of iron deficiency anemia. The problem is well known and has been studied for a long time. Its solutions include dietary improvement with a nutritious daily diet, the administration of pharmacological preparation supplements to vulnerable populations, and fortification of common foods with micronutrients. All these measures have been shown to work, under specific conditions:

- the food-based solution calls for changes in the dietary behaviour and possibly also the economic means of the population, and
- the periodic administration of solutions/tablets or capsules, although a relatively low-cost intervention, requires an effective delivery infrastructure and family compliance.

The fortification of commercial foods is considered to be responsible for the elimination of a variety of mineral and vitamin deficiencies in developed countries; fortification has also been used in developing countries, and certainly has advantages. Iron deficiency, which has been considered the most important nutritional problem in the world, is far from being solved and the feasibility of fortifying a suitable, readily available, and universal carrier has been considered. Several carriers have been used for delivering added iron, and some of these have been shown to be effective under local and/or experimental conditions, but their efficacy and long-term usability as universal carriers is yet to be demonstrated.

This situation in relation to iron fortification and iron carriers was recently highlighted at the recent Micronutrient Forum held in Turkey In 2007. Lectures and posters called attention to the importance of iron deficiency and iron deficiency anaemia, and recent studies on several aspects of the problem were presented. Nanoparticles of ferric phosphate were evaluated for solubility, bioavailability and safety. It was shown that these iron particle compounds have a bioavailability similar to the well established current standards. In Mexico, a food supplement fortified with iron gluconate for toddlers proved more effective in improving iron status and growth than a similar supplement containing ferrous sulphate. In Cambodia, iron-fortified fish sauce with 10 mg of iron from ferrous sulphate along with citric acid or NaFeEDTA proved effective in reducing iron deficiency and anaemia. In Vietnam, weekly supplements of multiple micronutrient-fortified biscuits reduced the prevalence of anaemia. There are also a large number of other

studies on the subject, investigating a variety of carriers fortified with iron, such as rice flour with iron formula premix in Mexico, soy sauce in Indonesia, and brown bread in South Africa. A micronutrient-fortified (including iron) beverage reduced anaemia in pregnant women in Cameroon by 56%. Mandatory wheat flour fortification with iron and folic acid, and of maize, is ongoing in Nepal and Pakistan. Wheat flour fortification was implemented in Brazil to deal with iron deficiency and it is of interest to report that the first results were said to be poor because the bread that was the iron carrier was not reaching the target population and would not be regularly available to them.

At the same time, fortification at the "point-of-use" or as "home fortification" with powdered vitamins and minerals has emerged as a new way to supply micronutrients. The powder would be added directly on the food. One of them, a product called "Sprinkles™" a multi-micronutrient powder packed in individual sachets, has been tried in several countries. The product is commercially produced, and specific strategies are in place for its marketing and distribution. It was tried in Afghanistan, Pakistan, Mali and India and the difficulty was that it was not being locally produced and would not fit in with local food habits. All these quoted examples and many other data from the literature show us that when a bioavailable source of iron is added to different carriers it will show good results, increasing iron blood parameters and decreasing iron deficiency anaemia. The major problem is that, in spite of successful local trials to deal with iron deficiency and anaemia, we are faltering in the overall battle. There has not been any decline in the prevalence of iron deficiency (ID) and iron deficiency anemia (IDA) all over the world; on the contrary, the numbers of persons with ID and IDA seems to be increasing world-wide.

There is no possibility, in the short term, that the problem of anaemia can be solved through the supply of a nutritious diet to the needy population. Production of medicinal iron supplements will require an adequate infrastructure, which is not available in most of the developing countries; what is more difficult is to put in place an effective health/nutrition delivery system. These facts will leave us with what was pointed out several decades ago by international organizations, namely, that food fortification is still the best approach to dealing with iron deficiency. Against the background of all that has been done so far, and knowing that the problem has to be looked at more as one of prevention than treatment, it is clear that the problem has to be solved through the use of a local suitable carrier, using locally available technology as much as possible. Considering also that fortificant compounds certainly will need to be imported, the studies of our group in relation to the problem of iron anaemia is that the best approach is to use drinking water as the most appropriate iron carrier. Therefore we would like to report the results of our studies on the utilization of drinking water as a universal natural iron carrier.

Water is available and used daily everywhere by everyone. Water can be utilized as a potential carrier for any soluble micronutrient; and it is known that the bioavailability of iron increases with its solubility. We have also used

drinking water as an iodine carrier, and it worked in pilot studies. We prepared, locally, a concentrated water-iron solution in bottles and added it to the drinking water in homes and day-care institutions. Lately we are also making sparkling or bubbling pills with iron salts and/or other soluble compounds such as ascorbic acid. These pills can be added to cooking or drinking water, making iron and other nutrients available to all the members of the family. We also suggest that micronutrients could be made commercially available as tablets, making it easier for the common people to use them in cooking, or through dissolving them to a suitable dilution in a water container of known volume at community level. This iron fortification of water does not require intensive cooperation or individual compliance. It will be a local community programme. It is a low cost, practical and effective approach and certainly could deliver small amounts of iron daily to all segments of the population including mothers, infants and small children at homes or public institutions. A summary of our work on the subject is given here.

Drinking water as an iron carrier to control iron deficiency and anaemia: experimental and community studies

Fortifying drinking water locally with iron compounds was shown to be a feasible strategy from the physical and experimental point of view, operationally viable in various community settings, biologically effective, accepted by children, low in costs, and manageable with the available local infrastructure in several parts of Brazil. It is a practical way to supply iron (as well as other micronutrients) directly to the population to prevent and control iron deficiency, and it can reach rural as well as urban low socio-economic communities worldwide. Drinking water also has advantages over alien or unfamiliar fortified carriers or industrialized products brought from other countries. Water is available everywhere and is drunk everyday by every person. People have to learn how to keep water safe for drinking and certainly it can be easily fortified.

Drinking water as a micronutrient carrier is seldom quoted in the literature. In the 1998 USAID publication on food fortification in developing countries, water is cited as a possible carrier, but no details on its use are included. A few years ago, the World Health Organization organized a meeting and printed a 2005 publication on nutrients in drinking water. Several aspects of water were reviewed, including requirements, essential nutrients in drinking water, water minerals and cardiovascular diseases, etc but there was practically no reference to the use of drinking water as a micronutrient carrier, except in the context of fluoride. Fluoride has been added to drinking water for years and has been shown to be efficacious and effective in preventing dental carries. There has been some utilization of micronutrient fortification in beverages, including fortification with iron compounds. Iron-and-micronutrient-fortified beverages have been shown to reduce anaemia and improve haemoglobin concentration. Our group has been using drinking water as an iron carrier for years. It is shown to be an alternative means of supplying iron to preschool children at the community level.

Studies on the utilization of drinking water as a vehicle for nutrients: laboratory and experimental studies in rats

The objective of these laboratory experiments was to show the effect of adding various inorganic iron salts to drinking water and checking their effects on colour, turbidity and taste, through physical and chemical tests, along with acceptability trials carried out in children. Ferric ammonium citrate, Fe chloride, Fe gluconate, Fe hydroxide, Fe sulphate, and Fe nitrate, diluted in water, were tested. Iron citrate, chloride, gluconate and ferrous sulphate produced small colour changes at 1mg/L and 5 mg/L concentrations, when measured initially and after seven days. Tests with iron sodium EDTA added to the water solution showed practically no colour change and no metallic taste, and the solution remained clear and transparent. The presence of chloride in iron-fortified water increased the water colour and turbidity in the ferrous sulphate solution, though it had no effect on the NaFeDTA solution. Along with the physicochemical tests, acceptability trials of these various water-fortified solutions were carried out in more than 500 children. It was also shown that water turbidity decreases with the addition of ascorbic acid or citric acid to the solution. Water solutions of Fe gluconate, citrate and sulphate had less colour and turbidity than $[\text{OHFe}^3 \text{ polymaltosed}]$ and Fe^3 nitrate. Experimental studies in rats showed that, after a 35-day supplementation with ferric ammonium citrate, ferrous sulphate and ferrous gluconate their Hb levels rose from 8-9 to 13 g/dL. The controls receiving no iron and the animals drinking iron fumarate had unaltered mean Hb levels of approximately 8 g/dL.

Drinking water as an iron carrier to control anaemia in preschool children in a day-care centre

This study examined the impact of iron-fortified drinking water offered to 31 preschool children attending a day-care institution in the city of Ribeirão Preto over a period of eight months. Children from low socio-economic families stay 5 days a week at a day-care centre, from 7 am to 5 pm. Iron sulphate solution was added to their drinking water, at a concentration of 20 mg of elemental iron per litre. Clinical and anthropometric data were obtained for each child. Blood was collected and haemoglobin and serum ferritin were measured before intervention and at four and eight months after intervention. The prevalence of anaemia decreased after the introduction of iron-fortified drinking water (ferrous sulphate only). After eight months of ingestion of iron fortified water, mean haemoglobin values increased from 10.1 to 13.7 g/dL and serum ferritin rose from 13 to 25.6 mcg /L.

Iron fortification of domestic drinking water to prevent anaemia among low socio-economic families in Brazil

The objective of this study was to evaluate the effects, at the household level, of an iron-fortified drinking water programme in the city of Ribeirão Preto. We investigated the changes in haemoglobin and ferritin levels of parents and their small children who attended the University Hospital and had blood haemoglobin levels suggesting borderline anaemia. Twenty-one young, low-socio-economic section families comprising 88 subjects participated in the

project and were divided into two groups. For a duration of four months, twelve families (22 fathers and mothers and 22 children under the age of 6 years) with haemoglobin levels ≤ 11 g/dL were given a solution of iron + ascorbic acid (AA) in water in small flasks to add to their drinking water and cooking water container (final concentration 10 mg of Fe and 60 mg AA/L), while 9 other families (18 fathers and mothers and 26 small children) were supplied with the same type of water, but without any added iron or ascorbic acid. Blood samples were collected at the beginning and at the end of the trial to determine Hb and ferritin levels in both children and adults. The group receiving the iron and ascorbic acid fortified water showed an improvement in Hb and ferritin values while the control had unaltered Hb and ferritin concentrations.

Effect of fortification of drinking water with iron plus ascorbic acid or with ascorbic acid alone on haemoglobin values and anthropometric indicators in preschool children in day-care centres in Monte Alto, Southeast Brazil

The importance of ascorbic acid (AA) in promoting iron absorption has been established. The objective of this trial was to focus on the effect of ascorbic acid on iron utilization. The study was carried out in 150 children attending 6 day-care centres in the village of Monte Alto. Their diet contained approximately 10 mg of iron, mainly from vegetable sources, and low levels of vitamin C (28% of daily requirements for the age group). During the six-month period of the study, half of the children received iron plus 100 mg of AA in the water and the other half received only the 100 mg AA, with no added iron. The prevalence of anaemia (Hb ≤ 11 mg/dL) was 45% in the iron plus AA group and 31% in the AA group, at the beginning of the experiment, dropping to 31.7% and 17.1%, respectively, at the end of the study. We had previously shown that fortification of orange juice with iron (8 mg a day) offered to preschool children for a period of four months increased their haemoglobin levels significantly.

Effects of the intake of iron-fortified drinking water on blood values of preschool children, Ribeirão Preto, Southeastern Brazil

Biochemical and haematological examination, including a complete blood count with estimations of haemoglobin, haematocrit, MCV, MCH, MCHC, serum iron, percentage of saturation of haemoglobin, total iron-binding capacity, serum ferritin, serum transferrin receptor, and red blood cell morphology, were carried out in 488 preschool children of ages 0.5 to 4 years in 12 day-care centres in the city of Ribeirão Preto. They were given water fortified with ferrous sulphate plus ascorbic acid (Fe 15 mg/L + AA 90 mg/L) or with iron sodium EDTA (15 mg/L) and their blood samples were collected at 0, 6, and 12 months afterwards. The prevalence of anaemia decreased. Overall, the iron status of the children improved. The improvement was similar in children receiving iron sulphate and in those receiving NaFeEDTA. In a sub-sample of 65 children who received ferrous sulphate and who had similar blood values at six and twelve months, haemoglobin levels increased ($p < 0.01$) and mean corpuscular volume, corpuscular haemoglobin, corpuscular

ANEXOS B

Determinación del hierro por el método de la Fenantrolina de acuerdo al Manual de la APHA Edición XXI

3500-Fe B. Phenanthroline Method

1. General Discussion

a. Principle: Iron is brought into solution, reduced to the ferrous state by boiling with acid and hydroxylamine, and treated with 1,10-phenanthroline at pH 3.2 to 3.3. Three molecules of phenanthroline chelate each atom of ferrous iron to form an orange-red complex. The colored solution obeys Beer's law; its intensity is independent of pH from 3 to 9. A pH between 2.9 and 3.5 insures rapid color development in the presence of an excess of phenanthroline. Color standards are stable for at least 6 months.

b. Interference: Among the interfering substances are strong oxidizing agents, cyanide, nitrite, and phosphates (polyphosphates more so than orthophosphate), chromium, zinc in concentrations exceeding 10 times that of iron, cobalt and copper in excess of 5 mg/L, and nickel in excess of 2 mg/L. Bismuth, cadmium, mercury, molybdate, and silver precipitate phenanthroline. The initial boiling with acid converts polyphosphates to orthophosphate and removes cyanide and nitrite that otherwise would interfere. Adding excess hydroxylamine eliminates errors caused by excessive concentrations of strong oxidizing reagents. In the presence of interfering metal ions, use a larger excess of phenanthroline to replace that complexed by the interfering metals. Where excessive concentrations of interfering metal ions are present, the extraction method may be used.

If noticeable amounts of color or organic matter are present, it may be necessary to evaporate the sample, gently ash the residue, and redissolve in acid. The ashing may be carried out in silica, porcelain, or platinum crucibles that have been boiled for several hours in 6*N* HCl. The presence of excessive amounts of organic matter may necessitate digestion before use of the extraction procedure.

c. Minimum detectable concentration: Dissolved or total concentrations of iron as low as 10 µg/L can be determined with a spectrophotometer using cells with a 5 cm or longer light path.

Carry a blank through the entire procedure to allow for correction.

2. Apparatus

a. Colorimetric equipment: One of the following is required:

- 1) *Spectrophotometer*, for use at 510 nm, providing a light path of 1 cm or longer.
- 2) *Filter photometer*, providing a light path of 1 cm or longer and equipped with a green filter having maximum transmittance near 510 nm.
- 3) *Nessler tubes*, matched, 100-mL, tall form.

b. Acid-washed glassware: Wash all glassware with conc hydrochloric acid (HCl) and rinse with reagent water before use to remove deposits of iron oxide.

c. Separatory funnels: 125-mL, Squibb form, with ground-glass or TFE stopcocks and stoppers.

3. Reagents

Use reagents low in iron. Use reagent water (see Section 1080 and Section 3111B.3c) in preparing standards and reagent solutions and in procedure. Store reagents in glass-stoppered bottles. The HCl and ammonium acetate solutions are stable indefinitely if tightly stoppered. The hydroxylamine, phenanthroline, and stock iron solutions are stable for several months. The standard iron solutions are not stable; prepare daily as needed by diluting the stock solution. Visual standards in nessler tubes are stable for several months if sealed and protected from light.

a. Hydrochloric acid, HCl, conc, containing less than 0.5 ppm iron.

b. Hydroxylamine solution: Dissolve 10 g NH₂OH·HCl in 100 mL water.

c. Ammonium acetate buffer solution: Dissolve 250 g NH₄C₂H₃O₂ in 150 mL water. Add 700 mL conc (glacial) acetic acid. Because even a good grade of NH₄C₂H₃O₂ contains a significant amount of iron, prepare new reference standards with each buffer preparation.

d. *Sodium acetate solution*: Dissolve 200 g $\text{NaC}_2\text{H}_3\text{O}_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ in 800 mL water.

e. *Phenanthroline solution*: Dissolve 100 mg 1,10-phenanthroline monohydrate, $\text{C}_{12}\text{H}_8\text{N}_2\text{H}_2\text{O}$, in 100 mL water by stirring and heating to 80°C. Do not boil. Discard the solution if it darkens. Heating is unnecessary if 2 drops conc HCl are added to the water. (NOTE: One milliliter of this reagent is sufficient for no more than 100 μg Fe.)

f. *Potassium permanganate, 0.1M*: Dissolve 0.316 KMnO_4 in reagent water and dilute to 100 mL.

g. *Stock iron solution*: Use metal (1) or salt (2) for preparing the stock solution.

1) Use electrolytic iron wire, or "iron wire for standardizing," to prepare the solution. If necessary, clean wire with fine sandpaper to remove any oxide coating and to produce a bright surface. Weigh 200.0 mg wire and place in a 1000-mL volumetric flask. Dissolve in 20 mL 6N sulfuric acid (H_2SO_4) and dilute to mark with water; 1.00 mL = 200 μg Fe.

2) If ferrous ammonium sulfate is preferred, slowly add 20 mL conc H_2SO_4 to 50 mL water and dissolve 1.404 g $\text{Fe}(\text{NH}_4)_2(\text{SO}_4)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$. Add 0.1M potassium permanganate (KMnO_4) dropwise until a faint pink color persists. Dilute to 1000 mL with water and mix; 1.00 mL = 200 μg Fe.

h. *Standard iron solutions*: Prepare daily for use.

1) Pipet 50.00 mL stock solution into a 1000-mL volumetric flask and dilute to mark with water; 1.00 mL = 10.0 μg Fe.

2) Pipet 5.00 mL stock solution into a 1000-mL volumetric flask and dilute to mark with water; 1.00 mL = 1.00 μg Fe.

i. *Diisopropyl or isopropyl ether*. CAUTION: Ethers may form explosive peroxides; test before using.

4. Procedure

a. *Total iron*: Mix sample thoroughly and measure 50.0 mL into a 125-mL erlenmeyer flask. If this sample volume contains more than 200 μg iron use a smaller accurately measured portion and dilute to 50.0 mL. Add 2 mL conc HCl and 1 mL $\text{NH}_2\text{OH} \cdot \text{HCl}$ solution. Add a few glass beads and heat to boiling. To insure dissolution of all the iron, continue boiling until volume is reduced to 15 to 20 mL. (If the sample is ashed, take up residue in 2 mL conc HCl and 5 mL water.) Cool to room temperature and transfer to a 50- or 100-mL volumetric flask or nessler tube. Add 10 mL $\text{NH}_4\text{C}_2\text{H}_3\text{O}_2$ buffer solution and 4 mL phenanthroline solution, and dilute to mark with water. Mix thoroughly and allow a minimum of 10 min for maximum color development.

b. *Dissolved iron*: Immediately after collection filter sample through a 0.45- μm membrane filter into a vacuum flask containing 1 mL conc HCl/100 mL sample. Analyze filtrate for total dissolved iron (§ 4a) and/or dissolved ferrous iron (§ 4c). (This procedure also can be used in the laboratory if it is understood that normal sample exposure to air during shipment may result in precipitation of iron.)

Calculate suspended iron by subtracting dissolved from total iron.

c. *Ferrous iron*: Determine ferrous iron at sampling site because of the possibility of change in the ferrous-ferric ratio with time in acid solutions. To determine ferrous iron only, acidify a separate sample with 2 mL conc HCl/100 mL sample at time of collection. Fill bottle directly from sampling source and stopper. Immediately withdraw a 50-mL portion of acidified sample and add 20 mL phenanthroline solution and 10 mL $\text{NH}_4\text{C}_2\text{H}_3\text{O}_2$ solution with vigorous stirring. Dilute to 100 mL and measure color intensity within 5 to 10 min. Do not expose to sunlight. (Color development is rapid in the presence of excess phenanthroline. The phenanthroline volume given is suitable for less than 50 μg total iron; if larger amounts are present, use a correspondingly larger volume of phenanthroline or a more concentrated reagent.)

Calculate ferric iron by subtracting ferrous from total iron.

d. *Color measurement*: Prepare a series of standards by accurately pipetting calculated volumes of standard iron solutions [use solution described in § 3b2) to measure 1- to 10- μg portions] into 125-mL erlenmeyer flasks, diluting to 50 mL by adding measured volumes of water, and carrying out the steps in § 4a beginning with transfer to a 100-mL volumetric flask or nessler tube.

For visual comparison, prepare a set of at least 10 standards, ranging from 1 to 100 $\mu\text{g Fe}$ in the final 100-mL volume. Compare colors in 100-mL tall-form nessler tubes.

For photometric measurement, use Table 3500-FeI as a rough guide for selecting proper light path at 510 nm. Read standards against water set at zero absorbance and plot a calibration curve, including a blank (see ¶ 3c and General Introduction).

If samples are colored or turbid, carry a second set of samples through all steps of the procedure without adding phenanthroline. Instead of water, use the prepared blanks to set photometer to zero absorbance and read each sample developed with phenanthroline against the corresponding blank without phenanthroline. Translate observed photometer readings into iron values by means of the calibration curve. This procedure does *not* compensate for interfering ions.

e. Samples containing organic interferences: Digest samples containing substantial amounts of organic substances according to the directions given in Section 3030G or Section 3030H.

1) If a digested sample has been prepared according to the directions given in Section 3030G or Section 3030H, pipet 10.0 mL or other suitable portion containing 20 to 500 $\mu\text{g Fe}$ into a 125-mL separatory funnel. If the volume taken is less than 10 mL, add water to make up to 10 mL. To the separatory funnel add 15 mL conc HCl for a 10-mL aqueous volume; or, if the portion taken was greater than 10.0 mL, add 1.5 mL conc HCl/mL sample. Mix, cool, and proceed with ¶ 4e3) below.

2) To prepare a sample solely for determining iron, measure a suitable volume containing 20 to 500 $\mu\text{g Fe}$ and carry it through the digestion procedure described in either Section 3030G or Section 3030H. However, use only 5 mL H_2SO_4 or HClO_4 and omit H_2O_2 . When digestion is complete, cool, dilute with 10 mL water, heat almost to boiling to dissolve slowly soluble salts, and, if the sample is still cloudy, filter through a glass-fiber, sintered-glass, or porcelain filter, washing with 2 to 3 mL water. Quantitatively transfer filtrate or clear solution to a 25-mL volumetric flask and make up to 25 mL with water. Empty flask into a 125-mL separatory funnel, rinse flask with 5 mL conc HCl and add to the funnel. Add 25 mL conc HCl measured with the same flask. Mix and cool to room temperature.

3) Extract the iron from the HCl solution in the separatory funnel by shaking for 30 s with 25 mL isopropyl ether (CAUTION). Draw off lower acid layer into a second separatory funnel. Extract acid solution again with 25 mL isopropyl ether, drain acid layer into a suitable clean vessel, and add ether layer to the ether in the first funnel. Pour acid layer back into second separatory funnel and re-extract with 25 mL isopropyl ether. Withdraw and discard acid layer and add ether layer to first funnel. Persistence of a yellow color in the HCl solution after three extractions does not signify incomplete separation of iron because copper, which is not extracted, gives a similar yellow color.

Shake combined ether extracts with 25 mL water to return iron to aqueous phase and transfer lower aqueous layer to a 100-mL volumetric flask. Repeat extraction with a second 25-mL portion of water, adding this to the first aqueous extract. Discard ether layer.

4) Add 1 mL $\text{NH}_2\text{OH}\cdot\text{HCl}$ solution, 10 mL phenanthroline solution, and 10 mL $\text{NaC}_2\text{H}_3\text{O}_2$ solution. Dilute to 100 mL with water, mix thoroughly, and let stand for a minimum of 10 min. Measure absorbance at 510 nm using a 5-cm absorption cell for amounts of iron less than 100 μg or 1-cm cell for quantities from 100 to 500 μg . As reference, use either water or a sample blank prepared by carrying the specified quantities of acids through the entire analytical procedure. If water is used as reference, correct sample absorbance by subtracting absorbance of a sample blank.

Determine micrograms of iron in the sample from the absorbance (corrected, if necessary) by reference to the calibration curve prepared by using a suitable range of iron standards containing the same amounts of phenanthroline, hydroxylamine, and sodium acetate as the sample.

5. Calculation

When the sample has been treated according to ¶ 4a, ¶ 4b, ¶ 4c, or ¶ 4e2):

$$\text{mg Fe/L} = \frac{\mu\text{g Fe (in 100 mL final volume)}}{\text{mL sample}}$$

When the sample has been treated according to ¶ 4e1):

$$\text{mg Fe/L} = \frac{\mu\text{g Fe (in 100 mL final volume)}}{\text{mL sample}} \times \frac{100}{\text{mL portion}}$$

Report details of sample collection, storage, and pretreatment if they are pertinent to interpretation of results.

6. Precision and Bias

Precision and bias depend on the method of sample collection and storage, the method of color measurement, the iron concentration, and the presence of interfering color, turbidity, and foreign ions. In general, optimum reliability of visual comparison in nessler tubes is not better than 5% and often only 10%, whereas, under optimum conditions, photometric measurement may be reliable to 3% or 3 μg , whichever is greater. The sensitivity limit for visual observation in nessler tubes is approximately 1 μg Fe. Sample variability and instability may affect precision and bias of this determination more than will the errors of analysis. Serious divergences have been found in reports of different laboratories because of variations in methods of collecting and treating samples.

A synthetic sample containing 300 μg Fe/L, 500 μg Al/L, 50 μg Cd/L, 110 μg Cr/L, 470 μg Cu/L, 70 μg Pb/L, 120 μg Mn/L, 150 μg Ag/L, and 650 μg Zn/L in distilled water was analyzed in 44 laboratories by the phenanthroline method, with a relative standard deviation of 25.5% and a relative error of 13.3%.

7. Bibliography

- CHRONHEIM, G. & W. WINK. 1942. Determination of divalent iron (by o-nitrosophenol). *Ind. Eng. Chem., Anal. Ed.* 14:447.
- MEHLIG, R.P. & R.H. HULETT. 1942. Spectrophotometric determination of iron with o-phenanthroline and with nitro-o-phenanthroline. *Ind. Eng. Chem., Anal. Ed.* 14:869.
- CALDWELL, D.H. & R.B. ADAMS. 1946. Colorimetric determination of iron in water with o-phenanthroline. *J. Amer. Water Works Assoc.* 38: 727.
- WELCHER, F.J. 1947. Organic Analytical Reagents. D. Van Nostrand Co., Princeton, N.J., Vol. 3, pp. 85-93.
- KOLTHOFF, I.M., T.S. LEE & D.L. LEUSSING. 1948. Equilibrium and kinetic studies on the formation and dissociation of ferroin and ferrin. *Anal. Chem.* 20:985.
- RYAN, J.A. & G.H. BOTHAM. 1949. Iron in aluminum alloys: Colorimetric determination using 1,10-phenanthroline. *Anal. Chem.* 21:1521.
- REITZ, L.K., A.S. O'BRIEN & T.L. DAVIS. 1950. Evaluation of three iron methods using a factorial experiment. *Anal. Chem.* 22:1470.
- SANDELL, E.B. 1959. Chapter 22 in *Colorimetric Determination of Traces of Metals*, 3rd ed. Interscience Publishers, New York, N.Y.
- SKOUGSTAD, M.W., M.J. FISHMAN, L.C. FRIEDMAN, D.E. ERDMANN & S.S. DUNCAN. 1979. Methods for Determination of Inorganic Substances in Water and Fluvial Sediment. Chapter A1 in *Book 5, Techniques of Water Resources Investigations of the United States Geological Survey*. U.S. Geological Surv., Washington, D. C.

ANEXOS C

Hojas Técnicas de los ingredientes propuestos para la elaboración de la bebida agua envasada enriquecida con micronutrientes como suplemento alimenticio

 HERMEL	Droguería Hermel S.A. de C.V Calle Sierra Madre #20, Residencial Monte bello, San Salvador Teléfonos:(503) 2274-9644, Fax: (503) 2 274-9942
CERTIFICADO DE ANÁLISIS	
Producto : Sucralosa Código: F207	Lote: 1100801 Vence: 08/2012
PARÁMETROS	RESULTADOS
Apariencia	Polvo cristalino Blanco
Ensayo	99.08 %
Humedad	0.29 %
pH	6.37
Metanol	< 0.1 %
Arsénico	< 3 PPM
Metales Pesados (como Pb)	< 10 PPM
Rotación específica	+86.3
Hidrólisis de productos	Pasa la prueba
Residuo por ignición	0.19 %
Sustancias Relacionadas	Pasa la prueba
	

SJZ CHEM-PHARM CO.,LTD.,

Certificate of analysis

Name of product	Ferrous sulphate Anhydrous BP/USP		
Batch No	20100720	Quantity	1000Kg
Mfg.Date	July 20,2010	Expiry Date	July 19,2012
Standard	USP30	Molecular formula	FeSO ₄ · xH ₂ O

TEST ITEM	STANDARD	RESULT
Property	Off white of slightly green fine powder	Meet the specifications
Authentication		
A:Ferrous salt:	Positive	Positive
B:Sulfate:	Positive	Positive
Insoluble substance in acid	≤0.05%	Meet the specifications
Arsenic salt	≤3ppm	Meet the specifications
Lead	≤0.001%	Meet the specifications
Hydrargyrum	≤3ppm	Meet the specifications
Volatile organic impurities	Meet the specifications	Meet the specifications
Content	86.0-89.0%(base on FeSO ₄)	87.8%

Conclusion: Product that are in accordance with USP-30 standard.

REVISADO 0 4 OCT. 2010

石家庄凯发化工医药有限公司
 SJZ CHEM-PHARM CO.,LTD.
 齐瑞辰



Droguería Hermel S.A. de C.V

Calle Sierra Madre #20, Residencial Monte bello, San Salvador
Teléfonos:(503) 2218-0800, Fax: (503)2218-0899

Hoja de Especificaciones Técnicas

Nombre del Producto: ACIDO ASCORBICO (VITAMINA C) Código: F138

Descripción: Antioxidante en polvo ampliamente utilizado en ensaladas, encurtidos y otras preparaciones alimentarias..

Modo de uso:

Productos Líquidos: Disuelva el ácido ascórbico en agua.

Productos en polvo: Mezcle el ácido ascórbico con los ingredientes de la preparación.

Dosis Sugerida: El ácido ascórbico se usa en cantidades que van de 1 - 2.0 g/kg y está normado por las buenas prácticas de fabricación y las normativas de cada país.

Parametros	Especificaciones
Apariencia	Polvo Cristalino Blanco o beige
Identificación	Positivo
Punto de Fusión	190-192 °C
Ph(2 %)	2.1-2.6
Claridad de solución	Clara
Color en solución	< BY ₇ Máx.
Cobre	<3 ppm
Metales pesados	<10 ppm
Hierro	2 ppm Max.
Residuo por ignición	0.1 % Máx.
Rotación Óptica Especifica (a 25 C)	+ 20.5 ° - 21.5 °
Impurezas orgánicas Volátiles (ácido oxálico)	0.2 % max.
Pureza	99.0 - 100.5 %
Arsenic	<3 ppm
Plomo	<2 ppm
Zinc	<2 ppm
Mercurio	<1 ppm

Almacenamiento : El producto debe mantenerse en el contenedor bien cerrado y a temperatura fresca, protegido de la luz solar y del calor excesivo.

Presentación: 25 kg, 1 Kg.

Embalaje : Caja de cartón de 25 kg, Bolsa plástica de 1 kg.

Vida Útil: 2 años si es mantenido bajo las condiciones de almacenamiento y embalaje adecuadas.

Estabilidad: Depende de las condiciones de almacenamiento, manejo y embalaje.



HOJA TÉCNICA

DROGUERÍA HERMEL, S.A. DE C.V.

CÓDIGO: DH-ECC-94

EDICIÓN : 01

REVISIÓN: 03

FECHA: 7/04/2010

Nombre del Producto: CONCENTRADO DE FRESA H-4.
Código: E1026

Descripción: Saborizante para Helados, leches, productos de pastelería, panadería, Jarabes para minuta y una amplia gama de aplicaciones en otros productos alimenticios y farmacéuticos en general.
Aditivo Alimentario Saborizante

Modo de Uso:

Helados: Disuelva en la mezcla de leche.

Pastelería y Panadería: Mezcle la esencia con la mezcla de masa para pan.

Repostería: Mezcle con el turrón hasta incorporarlo.

Jarabes para Minuta: Mezcle con el jarabe frío hasta incorporarlo.

Jarabes Medicados: Disuélvalo en solventes hidrofílicos y luego incorporelo al jarabe simple.

Ampollas Bebibles: Disuélvalo en solventes hidrofílicos y luego incorporelo al líquido restante.

Dosis Sugerida:

Especificación General: 0.1 %

Leches: 7 g/ galón

Helados Cremosos: 7- 10 g / Galón.

Panadería y pastelería: 1/2 Onza / 50 lb de masa

Ingredientes: Aceites esenciales y artificiales de fresa, Excipientes.

Parámetros	Especificación
Apariencia	Líquido.
Sabor y Aroma	Característico a Fresa.
Color	rosado o incoloro
Densidad a 25 ° C	0.995 ± 0.05
Solubilidad	Soluble en alcohol, agua y propilen glycol

Almacenamiento: Mantengase en un lugar fresco y seco, protegido de la humedad y la luz solar

Presentación: 1 L y ½ L, 1 Gal

Embalaje: Frasco de polietileno lechado de 1 L y ½ L, Galón de polietileno lechado.

Vida Útil: 2 Años.

Estabilidad: La estabilidad depende de las condiciones de manejo, embalaje y almacenamiento., por lo general puede mostrar cambio de color(oscurecimiento) aparente sin alterar sus características de color y sabor.