



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MÉXICO
FACULTAD DE QUÍMICA

“DESARROLLO DE UNA BEBIDA PARA DEPORTISTAS
A BASE DE MONOHIDRATO DE CREATINA”

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:
QUÍMICO EN ALIMENTOS

PRESENTA:
FRANCISCO ERICK MARTÍNEZ ESTRADA

DIRECTORA:
Dra. María de los Ángeles Colín Cruz

ASESORES EXTERNOS:
Dra. María del Socorro Camarillo Romero
Dr. Rafael Manjarrez Montes de Oca



TOLUCA, MÉXICO

ABRIL 2014



Toluca, México, 14 de marzo de 2014

P. Q. en A. FRANCISCO ERICK MARTÍNEZ ESTRADA
FACULTAD DE QUÍMICA, UAEM
P R E S E N T E

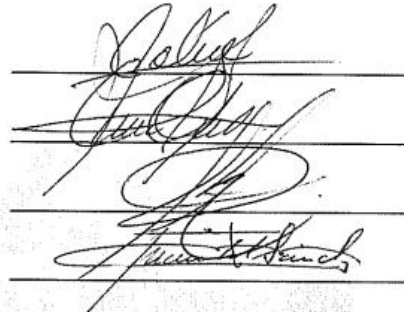
La Dirección de la Facultad de Química de la UAEM, comunica a Usted que el Jurado de su Evaluación Profesional, en la modalidad **TESIS**, estará formado por:

Dra. MARÍA DE LOS ÁNGELES COLÍN CRUZ
PRESIDENTE

Dr. LEOBARDO MANUEL GÓMEZ OLIVÁN
VOCAL

Dr. OCTAVIO DUBLÁN GARCÍA
SECRETARIO

Dr. JUAN CARLOS SÁNCHEZ MEZA
SUPLENTE



Sin más por el momento le envío un respetuoso saludo.

ATENTAMENTE
PATRIA, CIENCIA Y TRABAJO
"2014, 70 Aniversario de la Autonomía ICLA-UAEM"


M. en A. P. GUADALUPE OFELIA SANTAMARÍA GONZÁLEZ
DIRECTORA



C.c.p. Archivo

Este estudio fue financiado con recursos del proyecto “Efecto del uso de monohidrato de creatina a dosis bajas sobre potencia muscular y fatiga en la selección de taekwon-do de la UAEM Ciclo 2005-2006” con clave M015/2005.

DEDICATORIAS

Al mayor de mis proyectos, mi hijo Juan Pablo, su alegría por descubrir el mundo me ha motivado por seguir superándome cada día más, gracias hijo. A la madre de mi hijo, Rosa María, por todo su apoyo, comprensión y paciencia.

A mi madre por dejar tantas cosas en su vida y ponernos siempre en primer lugar a mis hermanos y a mí, A mis abuelos maternos, quienes no pudieron ver terminado este ciclo, pero sí pudieron estar presentes en muchos de los momentos importantes de mi vida, gracias por sus cuidados y amor.

A mis Tíos y primos, por todo su apoyo y palabras de aliento en los momentos más difíciles que hemos vivido, juntos, como familia los hemos superado.

A Bibis, Rafa, Pepé y José Luis, mis mejores amigos, por su amistad, cariño y apoyo para finalizar este proyecto.

AGRADECIMIENTOS

A mi Directora la Dra. Ángeles Colín por su apoyo y paciencia para realizar juntos este proyecto de tesis, sin su apoyo y guía en la redacción no sería posible.

A mis maestros que en este andar por la vida, influyeron con sus lecciones y experiencias en formarme como una persona de bien y preparada para los retos que pone la vida, a todos y cada uno de ellos les dedico cada una de estas páginas.

A mis revisores de Tesis el Dr. Octavio Dublán y al Dr. Leobardo Gómez, por sus atinados comentarios y revisiones a este trabajo.

Índice

Índice	iv
Índice de figuras.....	vi
Índice de cuadros.....	vii
Resumen	ix
Introducción	1
I. Marco teórico	3
1.1. Alimentos funcionales (<i>functional food</i>).....	3
1.2. Suplementos dietéticos (<i>dietary supplements</i>)	4
1.3. Suplementos alimenticios para deportistas, definición y uso	4
1.4. Ayudas ergogénicas.....	7
1.5. Bebidas: concepto y clasificación.....	10
1.5.1. Agua no envasada	10
1.5.2. Agua envasada	12
1.5.3. Bebidas no alcohólicas.....	13
1.5.4. Bebidas para deportistas.....	15
1.5.5. Bebidas energéticas.....	18
1.5.6. Bebidas no alcohólicas modificadas en su composición.....	22
1.6. Suplementos alimenticios en forma de bebida.....	22
1.7. Creatina.....	25
1.8. Potencial del mercado de bebidas	28
1.9. Desarrollos a nivel mundial con creatina como ingrediente.....	33
1.10. Componentes de las bebidas no alcohólicas	34
1.10.1. Sacarosa.....	34
1.10.2. Saborizante	34
1.10.3. Amarillo No. 5 (Tartrazina)	35
1.10.4. Ácido cítrico	35
1.10.5. Benzoato de sodio	36
Objetivo general	37
II. Metodología	39
2.1. Estandarización de pH.....	39

2.2. Determinación de la estabilidad de la creatina	40
2.3. Elaboración de la bebida adicionada de creatina y el placebo	41
2.4. Evaluación sensorial de la bebida.....	41
2.5. Tratamiento estadístico de los datos	43
III. Resultados	44
3.1. Valores de las disoluciones de ácido cítrico y saborizante limón.	44
3.2. Curva calibración de creatinina.....	45
3.3. Estabilidad de la bebida adicionada con creatina	46
3.4. Evaluación sensorial de la bebida con creatina con respecto al placebo	48
3.5. Composición porcentual de la bebida adicionada con creatina	50
IV. Conclusiones	52
Referencias.....	54
V. Anexos.....	58
1. Preparación curva de calibración reacción de Jaffé.	58
2. Curva de calibración con regresión logarítmica base e	59
3. Cálculos para la regresión exponencial para determinar la ecuación y determinar los mg de creatinina.	60
4. Número de observaciones correctas requeridas para diferentes niveles de significación en una prueba triangular.	61

Índice de figuras

Figura 1. Clasificación de tipos de agua.....	11
Figura 2. Degradación de la Creatina.....	26
Figura 3. Solubilidad de Creapure® a diferentes temperaturas.	26
Figura 4. Estabilidad de Creapure® a diferentes condiciones de pH.....	27
Figura 5. Estabilidad de Creapure® a diferentes pH.	28
Figura 6. Venta de millones de litros de bebidas para Latinoamérica.....	30
Figura 7. Ventas de bebidas no alcohólicas en México de 2001-2008.	32
Figura 8. Formato de evaluación sensorial.....	43

Índice de cuadros

Cuadro 1. Clasificación de los suplementos alimenticios con base en el DSHEA	5
Cuadro 2. Marcas principales de suplementos alimenticios.	5
Cuadro 3. Ingredientes usados en los suplementos alimenticios.	6
Cuadro 4. Productos ergogénicos empleados con base al tipo de esfuerzo.....	6
Cuadro 5. Alimentos y suplementos empleados por deportistas.	8
Cuadro 6. Volumen de millones litros de bebidas no alcohólicas vendidos por año en México.	15
Cuadro 7. Suplementos alimenticios por categoría.	23
Cuadro 8. Número de lanzamientos de alimentos y bebidas en Latinoamérica, 2003-2005.....	29
Cuadro 9. Venta de bebidas en millones de USD sin alcohol para Latinoamérica.....	31
Cuadro 10. Lanzamientos de bebidas con creatina a nivel mundial	33
Cuadro 11. Disolución de ácido cítrico diferentes concentraciones.	39
Cuadro 12. Disoluciones de saborizante (limón) a diferentes concentraciones	40
Cuadro 13. Fórmulas base de la bebida adicionada con creatina.	41
Cuadro 14. Escala hedónica de aceptación de sabor en la bebida.	42
Cuadro 15. Valores de pH de una disolución de ácido cítrico a diferentes concentraciones.	44
Cuadro 16. Valores de pH de sabor limón a diferentes concentraciones.....	45
Cuadro 17. Ensayos para determinar la curva de calibración.....	45
Cuadro 18. Valores promedio de transmitancia de la bebida a diferentes temperaturas por 3 días.	47
Cuadro 19. mg de Creatinina presentes en la bebida adicionada de Cr	47
Cuadro 20. Concentración de creatina en la bebida adicionada de creatina.	48
Cuadro 21. Formulaciones de las muestras presentadas para la prueba sensorial hedónica.	49
Cuadro 22. Resultados para la escala hedónica de la bebida.	50

Cuadro 23. Formulación final de la bebida adicionada con creatina.....	50
------------------------------------------------------------------------	----

Resumen

A partir de 1992, la suplementación con monohidrato de creatina para mejorar el rendimiento de los deportistas comenzó a llamar fuertemente la atención en los Juegos Olímpicos de Barcelona. Este compuesto se deriva de los aminoácidos arginina, glicina y metionina. La mayor parte de la síntesis de creatina en los humanos es efectuada en los riñones e hígado además del páncreas (~1g/día). Fisiológicamente la creatina se encuentra distribuida en todo el cuerpo; un 95 % en el músculo esquelético, y el 5% restante se encuentra en el cerebro, hígado, riñón, y en testículos.

Debido a lo anterior en otros países se ha investigado el efecto del monohidrato de creatina sobre el rendimiento deportivo. En nuestro país existe poca información reportada sobre estudios relacionados con el monohidrato de creatina en materia de deporte; por tanto el propósito de este estudio fue desarrollar una bebida para deportistas a base de este compuesto para ser posteriormente evaluada en un estudio clínico para observar sus efectos en deportistas del equipo de Taekwondo de la Universidad Autónoma del Estado de México.

Uno de los retos de este estudio fue obtener una bebida con 3 g de creatina/100 mL y encontrar las condiciones de pH y temperatura en las cuales la bebida fuese estable durante 3 días ya que hay diferentes factores que degradan el principio activo a creatinina, tales como: pH, solución acuosa y temperatura.

Se diseñaron formulaciones con creatina en las cuales se variaron los niveles de pH, saborizante y color. La estabilidad de la creatina se midió mediante la reacción de Jaffé, se creó una curva de calibración y se determinó la concentración necesaria de ácido y saborizante para tener un pH entre 3.5 y 4.5. Una vez encontrados los

valores óptimos, se sometió la bebida a condiciones de refrigeración, temperatura ambiente y temperatura de transporte. La bebida quedó expuesta 3 días, haciendo las mediciones de concentración de creatinina al día 1, 2 y 3.

Los resultados indican que la creatina permanece estable durante tres días a cualquiera de las tres temperaturas probadas. Durante este periodo la degradación de creatina a creatinina fue de 0.0039%. Se obtuvo una bebida no alcohólica a base de monohidrato de creatina para deportistas estable a pH ácido (4.78) y que puede ser sometida a varias temperaturas manteniéndose un 99.99% del principio activo.

Introducción

Dentro del sector de alimentos, un grupo importante es el mercado de bebidas, el cual ha mantenido un crecimiento promedio del 3% anual (2004-2008) y elevó su producción en un 4% cada año. El caso de México es sumamente especial ya que ocupa el tercer lugar en importancia dentro del mercado del continente Americano, debajo de Estados Unidos y Brasil. Cabe destacar que el continente Americano tiene el 44.5% del mercado internacional (Euromonitor 2005, Euromonitor 2010).

En México (2008) el mercado de bebidas no alcohólicas se encontraba en su mayoría ocupado por las bebidas carbonatadas (83.8%); jugos (8.25%), y agua embotellada (7.95%). Comparando lo anterior con la tendencia mundial, en el mismo año, se pueden notar grandes diferencias: las primeras ocupan el 46.5% del mercado, los segundos el 17.25% y las terceras el 20.14%. A nivel mundial las bebidas funcionales ocupan el 7.2% del mercado mientras que para México estas sólo ocupan el 1.2%; esto representa un potencial de mercado muy grande que debe atenderse a partir del desarrollo de una gran variedad de este tipo de bebidas (Datamonitor 2009).

El monohidrato de creatina es un producto muy utilizado por los deportistas, debido a su inocuidad y su efectividad sobre el rendimiento deportivo. Sin embargo en México no existen bebidas a base de este producto para ser comercializadas hacia un mercado general, en diferentes puntos de venta como son: centros comerciales, gimnasios, clubes deportivos, centros de alto rendimiento, espacios deportivos a cielo abierto, farmacias, tiendas departamentales, misceláneas, entre otros.

Algunas de las empresas productoras de suplementos alimenticios a base de creatina, han reportado limitantes en la elaboración de bebidas con este producto

como ingrediente principal, siendo el principal reto mantener su estabilidad en disolución de tal forma que el producto conserve sus propiedades ergogénicas.

Por lo tanto, la propuesta del presente estudio fue desarrollar una bebida adicionada de monohidrato de creatina para ser utilizada como suplemento para deportistas

I. Marco teórico

1.1. Alimentos funcionales (*functional food*)

El concepto de *alimento funcional* (*functional food*) se originó en Japón y ha ido evolucionando internacionalmente, variando esta percepción a nivel nacional; debido a las diferencias en cultura, enfoque de la nutrición y diferencias de mercado encontradas en cada país (Kwak y Jukes 2001). Aunque de manera general se entiende como un alimento que presenta una relación entre la nutrición y salud (Schmidl y Labuza 2000).

Junto con el concepto de alimento funcional, existen 3 conceptos en el Codex Alimentarius y una de la Legislación Norteamericana que llegan a confundirse o bien traslaparse con él; estos son :

Alimentos para usos alimenticios especiales (*foods for special dietary uses*).

Este término fue desarrollado para aplicarse a cierto tipo de alimentos, que no son consumidos como ordinarios, y se definen como: *aquellos que son especialmente procesados o formulados para satisfacer requerimientos nutricionales particulares que existen debido a condiciones físicas o fisiológicas particulares y/o enfermedades o trastornos específicos y aquellos que son presentados como tales (alimentos para bebés e infantes).*

Alimentos medicinales (*medical foods*). Son una categoría para *usos especiales*, los cuales son especialmente procesados o formulados y presentados para el manejo dietético de pacientes y pueden ser usados únicamente bajo supervisión médica.

Alimentos fortificados o enriquecidos (*fortified or enriched food*).

Por fortificación se entiende, la adición de uno o más nutrimentos cuando el alimento

normalmente los contenga; el enriquecido se entiende por la adición de uno o más nutrimentos esenciales, cuando el alimento normalmente no los contenga. Ambos, con el objeto de prevenir o corregir una deficiencia demostrada de uno o más nutrimentos en la población o grupo de población específica.

1.2. Suplementos dietéticos (*dietary supplements*)

Los suplementos dietéticos son aquellas sustancias tales como vitaminas, minerales, compuestos de origen botánico, aminoácidos que se consumen para suplementar la dieta de los seres humanos.

La Food and Drug Administration (FDA por sus siglas en inglés) en The Dietary Supplement Health and Education Act of 1994) (DSHEA) define a este tipo de alimentos como: un producto que “intenta suplementar la dieta”, y aquel que “sustenta o contiene ...una vitamina ... un mineral ...un principio herbal u otro botánico ...un aminoácido ... una sustancia dietética de uso humano para suplementar la dieta por incremento de la ingesta total dietética, o... un concentrado, metabolito, constituyente, extracto o combinación de [cualquiera de los antes citados] (U.S. FDA 1995) (Cuadro 1)

1.3. Suplementos alimenticios para deportistas, definición y uso

Se tienen antecedentes de que los deportistas, con el fin de aumentar su rendimiento, ingerían alimentos especiales como la miel e higos deshidratados. La nutrición deportiva ha tomado mayor importancia en nuestros días ya que se ha ido basando en los principios de la fisiología del ejercicio y de la bioquímica.

Cuadro 1. Clasificación de los suplementos alimenticios con base en el DSHEA

Categoría	Ejemplos
Vitaminas	A, D, E,C, B1, B2, B3, B4, B5 , B6, B7, B8, B9, B10, B11, B12.
Minerales	Calcio, Hierro, Zinc, Magnesio, Manganeso, Selenio, Cobre, Cromo, Yodo
Herbales y otros de origen botánico	Ajo, ginkgo, manzanilla, diente de león, leche de cardo, capsicum, valeriana, yohimbe, guaraná
Aminoácidos	Lisina, triptófano, cisteína, isoleucina, metionina, valina
Un suplemento dietético para suplementar la dieta por incremento de la ingesta dietética total	Aceite de pescado, alga verde azul, polen de abeja, melatonina
Concentrados, metabolitos, constituyentes o combinaciones de cualquiera de los citados.	Alicina (de ajo), ginsenósidos de ginkgo, extracto de arándano, infusión de manzanilla

Fuente: (Camire 1999)

Los suplementos alimenticios son un mercado en constante expansión. En 1997 Muth *et. al.* (1999a) realizaron una revisión económica de la industria de suplementos alimenticios y reportaron las cinco principales marcas de suplementos deportivos, como se indica en el cuadro 2.

Cuadro 2. Marcas principales de suplementos alimenticios.

Marca	Ingresos (\$KUSD¹)	Participación (%)	Lugar
General Nutrition Company (GNC)	260	4.30	6°
Grupo Weider Nutrition (Weider)	219	3.62	7°
Laboratorios Twin (Twin Lab)	213	3.52	8°
Ciencias Experimentales y aplicadas (EAS)	108	1.79	14°
Met-Rx USA	88	1.45	19°

Fuente: (Muth 1999)

¹ Término utilizado para abreviar miles de dólares.

Los ingredientes usados en los suplementos alimenticios de uso deportivo se presentan en el cuadro 3 y en el cuadro 4 se agrupan con base en el uso que se les ha dado normalmente.

Cuadro 3. Ingredientes usados en los suplementos alimenticios.

Acción sugerida	Ingrediente
Metabolismo de energía / fuente de energía	Creatina, Ribosa
Resistencia al estrés	Ginseng, Siberian Ginseng o Eleuthero
Reemplazo de electrolitos	Sodio, Potasio, Cloro, Magnesio
Aumento de tejido magro	Como proteínas y aminoácidos, beta-hidroximetil biturato (HMB) creatina, carnitina, colina, yohimbina, dehidroepianosterona

Fuente: (Schmidl y Labuza 2000)

Cuadro 4. Productos ergogénicos empleados con base al tipo de esfuerzo

ESFUERZO EXPLOSIVO		ESFUERZO DE LARGA DURACIÓN	
PRODUCTO	EFEECTO	PRODUCTO	EFEECTO
Inosina	Estimula la producción de ATP	Cromo	Favorece la función de la insulina
Creatina	Aumenta la resistencia y favorece la recuperación	Ácido pirúvico	Incrementa la resistencia muscular
Glutamina	Acción anticatabólica en el músculo, evita la beta-oxidación	Carnitina	Estimula la producción de energía y disminuye la grasa corporal
Aminoácidos de cadena ramificada	Evita el catabolismo proteínico durante el ejercicio	Beta hidroximetil butirato	Disminuye el catabolismo proteico, mejora la recuperación, aumenta la fuerza
Tirosina	Favorece la estimulación neuromuscular		

Fuente: (Burke 2000)

1.4. Ayudas ergogénicas

En el deporte puede ser definida como una técnica o sustancia empleada con el propósito de mejorar la utilización de energía, incluyendo su producción, control y eficiencia (Wilmore y Costill 2004) y se pueden identificar de la siguiente forma:

- a) Deben contener nutrimentos u otros componentes de los alimentos en cantidades mayores a la ingesta diaria recomendada, o las cantidades típicamente administradas por el alimento.
- b) Mejorar o incrementar la fuerza, directo sobre la condición física, frecuentemente a través de un efecto fisiológico.
- c) Frecuentemente cuenta con un fundamento anecdótico o bien un soporte documentado en pruebas científicas; y
- d) Son generalmente no justificados por expertos en nutrición deportiva, excepto cuando las pruebas científicas han encontrado dicha propiedad de forma significativa (Burke 2000).

La creatina se puede clasificar como un producto ergogénico que se emplea en esfuerzos explosivos aumentando la resistencia y favoreciendo la recuperación del individuo que la ingiere, el cuadro 5 muestra diferentes productos ergogénicos empleados para esfuerzos explosivos y de larga duración.

Cuadro 5. Alimentos y suplementos empleados por deportistas.

Suplemento / Alimento	Forma	Composición	Uso relacionado con el deporte
Bebidas deportivas	Polvo,	5-7% CHO	Óptima liberación de fluidos + CHO durante el ejercicio. Rehidratación post-ejercicio
	Líquido	Fuente de CHO durante el ejercicio. Recuperación después del ejercicio. Suplemento alimenticio rico en energía/CHO/nutrientes	
Gel deportivo	Gel (30-40 g)	60-70% (≈ 25g de CHO por bolsa)	Uso relacionado con el deporte
	Bolsas o tubos	Algunos contienen MCTs o cafeína	
Suplemento alto en CHO	Polvo	10-25% CHO	Suplemento alto en CHO, uso en la dieta de preparación. Carga de CHO después del ejercicio. Pueden usarse durante el ejercicio cuando las necesidades de CHO no exceden los requerimientos de fluidos
Suplemento alimenticio líquido	Polvo para mezclar con agua	1-1.5 Kcal/mL 15-20% de proteínas	Suplemento alto en energía y alto en CHO para una dieta nutritiva (usado especialmente durante el entrenamiento o competencia de alta intensidad o aumento de masa corporal)
	o leche	50-70% de CHO Bajo en grasa Vitaminas y minerales	
	Líquido	500-1000 mL RDIs / RDAs	Reemplazo de comida de bajo volumen (alimento especial previo a la competencia) Recuperación después del ejercicio.

Cuadro 5. Alimentos y suplementos empleados por deportistas (continuación)

Suplemento / Alimento	Forma	Composición	Uso relacionado con el deporte
Suplemento / Alimento	Forma	Composición	Uso relacionado con el deporte
Barra deportiva y / o energética	Barra (50-60 g)	40-50 g CHO 5-10 g Proteína Bajo en grasa Vitaminas / minerales 50-100% de las RDIs/RDAs	Fuente de CHO durante el ejercicio. Recuperación después del ejercicio. Suplemento alimenticio rico en energía / CHO / nutrimentos. Nutrición portátil (viaje)
Suplemento vitamínico y/o mineral	Cápsula / tableta	Amplia gamma 1 a 4 veces RDIs/RDAs de vitaminas y minerales	Fuente de micronutrientes para dietas de baja energía o dietas de pérdida de peso, para varias dietas restrictivas (p. e. dieta vegetariana),. para un suministro de alimento deficiente (p. e. alimentación del atleta durante el viaje)
Suplementos de Hierro	Cápsula / tableta	Sulfato ferroso; gluconato; fumarato	Manejo supervisado de deficiencia de Hierro
Suplemento de calcio	Tableta	Carbonato de calcio, fosfato o lactato.	Suplementación de Calcio en dietas bajas en energía o dietas bajas en productos lácteos

CHO = Carbohidratos; RDI = Ingesta Diaria Recomendada; RDA = Ingesta diaria admitida; MTC's = Triglicéridos de cadena media

Fuente: (Burke 2000)

1.5. Bebidas: concepto y clasificación

Además de los carbohidratos, proteínas y lípidos se requieren otros nutrimentos que aunque no aportan energía son imprescindibles para el correcto funcionamiento orgánico; entre ellos se encuentran el agua, los minerales y las vitaminas (Fernández 1999). A menudo se olvida citar a los líquidos cuando se trata de necesidades en nutrimentos. Sin embargo, el hombre es capaz de vivir durante un largo periodo de tiempo sin ingerir macro y micronutrimentos, pero no sin ingerir agua. Esta sustancia es básica de todos los procesos metabólicos del cuerpo humano (Brauns 1995).

Las principales funciones biológicas del agua son: capacidad para transportar diferentes sustancias a través del cuerpo; disolver otras sustancias y mantenerlas tanto en disolución como en suspensión coloidal, porque permanece líquida en un intervalo de temperatura relativamente amplio y tiene propiedades como disolvente (Fennema 2001).

El agua se puede clasificar en dos tipos principales: no envasada y envasada. A continuación se describe la clasificación de los tipos que hay (Martínez 2000) (Figura 1)

1.5.1. Agua no envasada

Obtenida de la atmósfera y del hielo. Su composición química, así como su contaminación microbiana es muy variable. Según su origen se pueden diferenciar tres tipos (Martínez 2000):

- a) Aguas meteóricas: Lluvia, rocío y nieve fundida. Sólo llevan disueltas las sustancias química que están en el aire, pero que suelen ser de baja salinidad, rica en gases (oxígeno, nitrógeno, anhídrido carbónico, óxido de nitrógeno). La carga microbiana la adquiere de los microorganismos presentes en la atmósfera,

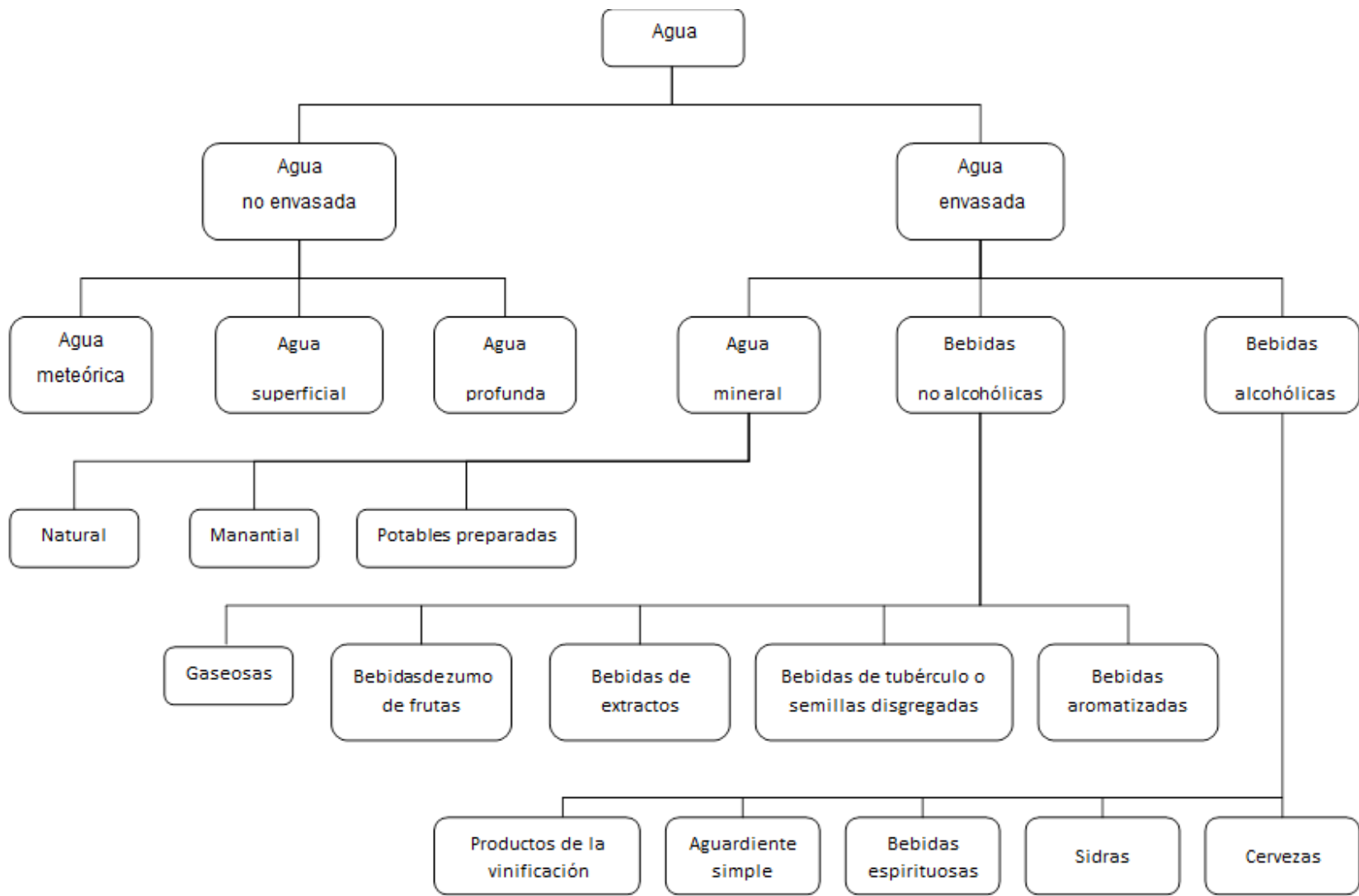


Figura 1. Clasificación de tipos de agua.

además de que su contenido en materia orgánica, amoníaco, ácido nítrico y nitroso es bajo.

b) Aguas superficiales: Ríos y lagos. Su composición química está en función de la composición del suelo de la cuenca fluvial. La salinidad depende del terreno con la toma contacto y puede variar según la estación del año. Las que se encuentran en los ríos son blandas, pueden presentar un alto contenido en materia orgánica y residuos contaminantes debido a vertidos industriales y de riego.

c) Aguas profundas: De manantiales y pozos. Proceden de un manto acuífero que aflora a la superficie por una fisura de terreno. Tiene alta salinidad y escaso contenido de materia orgánica y microorganismos, ya que el terreno filtra los elementos que están presentes en una forma abundante son los metales sodio, potasio, calcio, magnesio, aluminio y fierro y los no metales carbono, nitrógeno, oxígeno, silicio, cloro y azufre. Su potabilidad depende del terreno circundante y de las paredes del pozo.

1.5.2. Agua envasada

Las aguas envasadas proceden de fuentes protegidas frente a la contaminación. El agua mineral se embotella directamente en la fuente, existiendo valores límite en cuanto a posibles contaminantes y contenido de metales pesados. Se pueden distinguir tres principales tipos:

a) Mineral natural: Es bacteriológicamente sana, pura y subterránea que brota de un manantial en uno o varios puntos naturales o perforados.

b) De manantial: Son también de origen subterráneo, su única cualidad es la de ser potable, pero no presentan las cualidades indicadas para las minerales.

- c) Potables tratadas: Pueden tener un origen subterráneo o de superficie, pero han tenido que ser modificadas para el consumo humano, lo que no está permitido en los dos casos anteriores (Martínez 2000).

1.5.3. Bebidas no alcohólicas

La legislación mexicana por medio de la Ley General de Salud en su Título Décimo Segundo, Capítulo II “Alimentos y Bebidas no Alcohólicas” la define como: *Cualquier líquido, natural o transformado, que proporcione al organismo elementos para su nutrición* (Diario Oficial de la Federación 2009).

El Reglamento General de Bienes, Productos y Servicios (Salud 1999) agrupa en el título noveno tanto a las bebidas no alcohólicas como los productos para prepararlas y los congelados de las mismas. Para efectos del reglamento, quedan comprendidos dentro de este título los siguientes productos: aguas envasadas, bebidas saborizadas no alcohólicas, congelados de estas bebidas, polvo y jarabe para prepararlas.

La Norma Oficial Mexicana 051 (NOM-051-SCFI-1994), siendo más específica, define a las bebidas no alcohólicas como: *Cualquier líquido natural o transformado, destinado al consumo humano, que proporciona al organismo elementos para su nutrición por vía oral y que no contiene más del 0.5 % en volumen de alcohol etílico.*

Utilizando la definición propuesta por Astiasarán y Martínez (2000), una bebida no alcohólica es aquella que no es fermentada, carbónica o no, preparada con agua potable o mineral, a la que se ha añadido uno a varios de los siguientes ingredientes: zumos de frutas, extractos de frutas o partes de plantas comestibles; frutas, tubérculos y semillas disgregadas; esencias naturales, agentes aromáticos y saborizantes; edulcorantes naturales y artificiales; anhídrido carbónico; agua potable; agua mineral y se clasifican a su vez en:

- a) Gaseadas: Elaboradas exclusivamente con agua potable y una cantidad de anhídrido carbónico, son inodoras transparentes e incoloras. Además de anhídrido carbónico se les añade carbonato, reciben el nombre de soda o simplemente soda.

- b) Gaseosas: Bebidas preparadas con agua potable, anhídrido carbónico, edulcorantes, aromas y otros aditivos autorizados (colorantes, ácido cítrico, láctico, etc.)

- c) Bebidas de extractos: Elaboradas a partir de extractos de la parte comestible de frutas, tubérculos o semillas. Se caracterizan por llevar, además de agua y edulcorantes, otros ingredientes (cafeína, caramelo, ácido fosfórico y otros), por ejemplo té y tónicos.

- d) Bebidas de frutos de tubérculos o de semillas disgregados: Se trata de bebidas de semillas disgregados en una proporción superior al 4 %, siendo el resto de la composición igual a las anteriores.

- e) Bebidas aromatizadas: Están preparadas con agua potable (gaseada o no), edulcorantes, agentes aromáticos, esencias naturales destemperadas y aditivos autorizados (Astiasarán y Martínez 1999)

Los productos que se encuentran dentro del mercado mexicano como los refrescos pueden ser clasificados como gaseosas; las bebidas tipo Tehuacán (Peñañiel, Ligeri de Bonafont, etc.) cumplen la descripción de agua gaseada. Dentro de bebidas aromatizadas podemos encontrar como Levite de Bonafont. No obstante el mercado mexicano es aún más variado. Euromonitor (empresa importante en estudios de mercado) divide a las bebidas no alcohólicas en: carbonatadas, jugos de frutas y vegetales, agua embotellada, bebidas funcionales, concentrados, te RTD (ready to

drink) y café RTD. El cuadro 6 muestra el valor del mercado de bebidas no alcohólicas para México:

Cuadro 6. Volumen de millones litros de bebidas no alcohólicas vendidos por año en México.

Segmento / Año	2004	2006	2008
Carbonatadas	11,137.00	12,538.00	12,646.00
Jugos de frutas y vegetales	1,343.50	1,473.30	1,714.90
Agua embotellada	16,440.40	20,751.40	23,910.80
Bebidas funcionales	220.60	263.22	299.36
Concentrados	185.17	188.89	196.42
Te RTD	33.84	62.07	92.75
Café RTD	9.80	12.54	15.17

Fuente: (Euromonitor 2010)

1.5.4. Bebidas para deportistas

En el apéndice del Reglamento General de Bienes, Productos y Servicios, en el inciso VIII.1.2. Bebidas saborizadas no alcohólicas, define a un líquido para deportistas como: *el producto elaborado por la disolución de sales minerales, edulcorantes u otros ingredientes con el fin de reponer el agua, energía y electrolitos perdidos por el cuerpo humano durante el ejercicio.*

Actualmente, estas bebidas están en auge, ya que concuerdan con la moda de vida sana, o bien, afirman que tienen propiedades para estimular la salud, e incluso medicinales (PROFECO 2000). Las bebidas deportivas se formulan para cubrir necesidades asociadas al ejercicio físico como: reponer líquidos y facilitar la rehidratación, tras una actividad física intensa o durante ella. La formulación de las bebidas hidratantes contienen carbohidratos (glucosa, fructosa, sacarosa y maltodextrinas), pequeñas cantidades de electrolitos (entre las que destacan sodio, potasio, magnesio y calcio) en proporciones que no son comparables con los productos que se comercializan para tratar los procesos de deshidratación severa (p.

e. suero vida oral, pedialite, suerox, etc.) los cuales en promedio contienen 4.6 g de sal, 25 g de glucosa y 2.1 g de citrato de potasio por litro de agua (PROFECO 2000).

Existen, también en el mercado las bebidas rehidratantes, las cuales se dividen en tres tipos (PROFECO 2000):

- a) Isotónicas: Son aquellas que contienen electrolitos y cantidades moderadas de carbohidratos, aproximadamente entre 6-8%. Este tipo de bebidas provee, además de la rehidratación, pequeñas cantidades de energía (20-100 Kcal). Se recomienda usarla durante y después de periodos de ejercicio, por ejemplo; después de correr o después de realizar un ejercicio de equipo tales como el básquetbol, voleibol, fútbol, entre otros. Este tipo de bebidas es la que más se encuentra en el mercado. Los expertos recomiendan usar las bebidas isotónicas cuando se ha realizado una actividad física de más de 60 minutos o en regiones con temperaturas elevadas (Coombes y Hamilton 2000, Amendola, Lannilli et al. 2004).
- b) Hipotónicas: Son aquellas con niveles menores de carbohidratos en comparación de las isotónicas (Coombes y Hamilton 2000, Amendola, Lannilli et al. 2004). Este tipo se emplean cuando la actividad física es menor por ejemplo, para personas que realizan gimnasia o los jockeys.
- c) Hipertónicas: A diferencia de las dos anteriores, ésta es la de mayor contenido de carbohidratos y se emplean para reestablecer los niveles de glucógeno del músculo. Usualmente las hipertónicas aportan de 210-240 Kcal. Además de los carbohidratos y electrolitos contienen proteínas, vitaminas y bajos niveles de grasa.

Coombes y Hamilton (2000), en una revisión de literatura sobre la efectividad de las bebidas deportivas de las principales marcas a nivel mundial, da como objetivos de la formulación típica de estas bebidas los siguientes 5 puntos:

- 1) Prevenir la deshidratación;
- 2) Proveer carbohidratos para aumentar la disponibilidad de la energía;
- 3) Proveer electrolitos para remplazar las pérdidas debidas a la sudoración;
- 4) Cumplir con los requerimientos impuestos por las autoridades regulatorias en materia de alimentos, y;
- 5) Tener un sabor agradable.

Este último punto es crucial debido al contenido de carbohidratos, ya que cualquier bebida con alto contenido de sales (Na, K, Mg) tiene un sabor desagradable. La manera más sencilla de cubrir el sabor de las sales es empleando distintos tipos de azúcares, como son: monómeros de glucosa y fructuosa; sacarosa, y los polímeros sintéticos de maltodextrinas conocidos como polímeros de glucosa (miel de maíz) (Coombes y Hamilton 2000). Las bebidas deportivas pueden ser clasificadas en dos tipos, baja concentración (< 10%) o alta concentración (> 10%) de carbohidratos.

Las bebidas altas en carbohidratos son comercializadas para su uso dentro de la estrategia deportiva conocida como “carga de carbohidratos” (Coombes y Hamilton 2000), que consiste en la alta ingesta de hidratos de carbonos simples junto con una disminución del entrenamiento posterior a algunos días de una dieta baja en carbohidratos y altas cargas de entrenamiento con el objetivo de vaciar el glucógeno muscular, para luego reponerlo en mayor cantidad (Wolinsky y Driskell 2007); mientras que las bajas en carbohidratos son más populares (Coombes y Hamilton

2000), y su venta va enfocada al mercado en general, tanto deportistas como gente común, prueba de ello son las dos de las marcas más importantes del mercado mexicano Gatorade (Pepsi, Co.) y Powerade (Coca-Cola, Co.) (Datamonitor 2002).

El uso de polímeros de glucosa en bebidas deportivas se ha incrementado recientemente ya que permite el uso de una mayor cantidad de carbohidratos sin incrementar la osmolaridad (Coombes y Hamilton 2000). Las disoluciones que contienen más del 5% de carbohidratos (masa entre volumen, m / v) en forma de glucosa producen un retardo importante en el vaciamiento gástrico, mientras que en el caso de los disacáridos o maltodextrinas (polímero de glucosa) puede llegar al 6-8% m / v; sin embargo, disoluciones de carbohidratos mayores de 8-10% m / v inhiben de manera importante el vaciado gástrico (Amendola, Lannilli et al. 2004); lo anterior explica por qué las “Soft drinks” comunes, el jugo de fruta y las bebidas energéticas no puedan ser utilizadas como bebidas rehidratantes por su alta concentración de carbohidratos.

Por lo general las bebidas rehidratantes contienen no más del 8% de carbohidratos y los minerales que comúnmente se encuentran en la formulación son; magnesio, sodio y potasio (Ashurst 2008).

1.5.5. Bebidas energéticas

Estas son más por su nombre en inglés “Energy drinks”, están generalmente compuestas por cafeína, azúcares (de diversas velocidades de absorción), aminoácidos, vitaminas, minerales, extractos vegetales, aditivos acidulantes, conservadores, saborizantes y colorantes. Estas son identificadas en el mercado por su efecto de aumentar la alerta mental (Amendola, Lannilli et al. 2004)

La Comisión sobre Nutrición y Alimentos para Usos Dietarios Especiales del CODEX, en su 23^a sesión realizada en Berlín en el 2001, la define como “La bebida utilizada para proveer alto nivel de energía proveniente de los carbohidratos (también grasas y

proteínas) al cuerpo. Esta no intenta compensar la pérdida de agua y minerales debido a la actividad física” (Sarmiento 2004).

Cabe señalar que el consumidor no identifica las diferencias entre rehidratantes y energizantes; ya que en muchas ocasiones confunde ambos términos y los define como iguales. Sin embargo, una de las diferencias más importantes es que las energizantes contienen estimulantes (cafeína, amino ácidos, taurina, etc.) y las rehidratantes no; otra diferencia es el contenido de carbohidratos, las rehidratantes contienen de 6-8%, mientras que las energizantes de 8-10%, lo que hace a estas últimas no óptimas para la hidratación después del ejercicio, debido a que retardan el vaciamiento gástrico (Amendola, Lannilli et al. 2004).

En un estudio de análisis multivariado que incluyó 75 bebidas comerciales, de las cuales 38 eran deportivas y 37 energizantes Amendola *et al.* (2004) realizaron una comparación de los principales ingredientes (Na, Mg, K, vit. C, vit. A, vit. E, vit. B6, vit. B12, ácido pantoténico y niacina), así como la cantidad total de calorías, carbohidratos y azúcares. Sin considerar dentro de las variables el uso de cafeína, taurina y glucoronolactona, debido a que estos no son utilizados como ingredientes en las usadas para deportistas. Esta comparación dio como resultado tres principales categorías:

- La primera categoría se componía de 51 bebidas, de las cuales 34 eran para deportistas, mientras que las otras 17 eran energizantes. Estas últimas se caracterizan por tener un bajo contenido de vit. C, vit. B12, calorías, azúcares, carbohidratos, ácido pantoténico, vit. B6, niacina y vit A. Puede notarse que esta categoría es la más pobre en concentración de ingredientes.
- En la segunda categoría fueron incluidas siete de las cuales cuatro eran para deportistas y tres eran energéticas, esta categoría contiene las más altas

concentraciones de Mg, vit. A, vit. E, K y vit. C, además de ser las de mayor contenido calórico.

- En la tercera categoría se indujeron 17 de las cuales todas son energizantes, presentan la más alta cantidad de carbohidratos, azúcares, sodio, niacina, vit. B6, vit. B12, ácido pantoténico, tiamina y son las más bajas en Mg y K, además de no contener vitamina A.

Se puede observar que aunque en las tres categorías fueron analizados los mismos ingredientes, la verdadera diferencia encontrada en la formulación de las energizantes y las rehidratantes fue el uso de Mg y K, no se consideró la cafeína, taurina y glucorolactona debido a que son los componentes de una energizante. La primera categoría abarca ~89% de las bebidas deportivas incluidas dentro del estudio, mientras que únicamente considera ~46% de las energizantes, lo que nos indica que las deportivas tienen bajas concentraciones en sus ingredientes.

La segunda categoría agrupa al ~10% para deportistas y ~8% de las energizantes. Esta categoría es la mejor balanceada y puede deberse a que las energizantes requieren de un alto contenido calórico además de contener aminoácidos y altas concentraciones de sales (Na, K y Mg) provenientes de las formas químicas de los aminoácidos. Mientras que las vitaminas A, C y E son empleadas como antioxidantes lo cual es deseable para los deportistas y para la gente común.

La última categoría contiene ~46% del total de bebidas energizantes, además de ser la única homogénea. En esta se destaca el alto contenido de sodio, que puede ser asociado -como se mencionó anteriormente- a las formas químicas de los aminoácidos, siendo las sales de sodio las más solubles, y por tanto las más utilizadas cuando se desea incorporar un aminoácido a una energizante.

En México, aún no han sido reguladas como tal; sin embargo desde 2002 se ha trabajado en un proyecto de Norma Oficial Mexicana (NOM) Productos y servicios. Bebidas saborizadas no alcohólicas, sus congelados, productos concentrados para prepararlas y bebidas adicionadas con cafeína; Especificaciones y disposiciones sanitarias, de la cual su última versión es el PROY-NOM-218-SSA1-2009. En este documento no se hace mención del término bebidas energizantes. Podemos asumir que este tipo son clasificadas dentro del concepto de bebida adicionada con cafeína.

Las adicionadas con cafeína son definidas por el PROY-NOM-218-SSA1-2009 como: Las bebidas no alcohólicas que son elaboradas por la disolución en agua para consumo humano, de ingredientes opcionales, con un contenido mayor de 20 mg de cafeína por 100 mL de producto. Este proyecto de norma limita el contenido de cafeína a no más de 33 mg de cafeína / 100 mL de producto; esto probablemente se deba a que la cafeína ha sido asociada a eventos cardíacos y muerte debido a que incrementa la presión arterial por elevación de la resistencia vascular y este efecto es mayor y más prolongado en individuos con hipertensión y al combinarse con otros estimulantes (Sarmiento 2004). Dentro de este mismo proyecto de norma se menciona que las usadas para deportistas deben contener, por lo menos sodio (entre 230 y 575 mg por litro) e hidratos de carbono (máximo 80 g por litro).

Como puede observarse, tanto las empleadas por deportistas como las energizantes, varían mucho en los ingredientes de su formulación. En el caso de las energizantes (legislación mexicana) un líquido con taurina y glucorolactona no podrían ser categorizada como adicionada de cafeína y obviamente no podría ser categorizada para deportistas, por lo cual tendría que pertenecer a una nueva categoría. Esta nueva categoría es la de bebidas no alcohólicas modificadas en su composición.

1.5.6. Bebidas no alcohólicas modificadas en su composición

La NOM-086-SSA1-1994, Bienes y servicios. Alimentos y bebidas no alcohólicas con modificaciones en su composición; Especificaciones nutrimentales, define a las bebidas no alcohólicas con modificaciones en su composición, como: *los productos a los que se les han introducido cambios por adición, disminución o eliminación de uno o más de sus nutrimentos, tales como hidratos de carbono, proteínas, lípidos, vitaminas y minerales; y que forman parte de la dieta habitual.*

1.6. Suplementos alimenticios en forma de bebida

La Ley General de Salud define a los Suplementos Alimenticios como los productos a base de hierbas, extractos vegetales, alimentos tradicionales, deshidratados o concentrados de frutas, adicionados o no, de vitaminas o minerales, que se puedan presentar en forma farmacéutica y cuya finalidad de uso sea incrementar la ingesta dietética total, complementarla o suplir alguno de sus componentes (Salud 1999). Además el Reglamento de Control Sanitario de Productos y Servicios indica que los suplementos alimenticios podrán estar constituidos por carbohidratos, proteínas, aminoácidos, ácidos grasos, metabolitos, plantas, hierbas, algas, alimentos tradicionales deshidratados u otros que establezca la Secretaría, presentarse ya sea en forma aislada o en combinación, adicionados o no de vitaminas o minerales y su consumo no deberá representar un riesgo para la salud.

Como se mencionó antes y comparando esta última definición se puede ver que es muy similar a la de suplemento alimenticio que hace la DSHEA. Esto permite establecer una relación sobre el tipo de productos. En un informe realizado en 1999 por Muth y *et al.*, con el objeto de conocer los productos que cumplen esta definición, tipificó sus ingredientes en 8 categorías como lo muestra el cuadro 7.

El Reglamento de Control Sanitario de Productos y Servicios 1999 excluye en su artículo 169 a los siguientes ingredientes; procaína, efedrina, yohimbina, germanio,

hormonas animales o humanas; además de las plantas que no se permiten para infusiones o té, o cualquier otra farmacológicamente reconocida o que represente riesgo para la salud. En caso de contener sustancias poco conocidas que puedan representar un riesgo o daño para la salud, los fabricantes deberán demostrar científicamente, ante la Secretaría de Salud, la inocuidad de sus productos.

Cuadro 7. Suplementos alimenticios por categoría.

AMINOÁCIDOS					
Alanina	Ác. L-asparíco	Ác. L- glutámico,	Treonina	L-ornitina	L-metionina
Serina	L-cisteina	L-glutamina	L-leucina	L-triptófano	L-fenilalanina
Prolina	L-isoleucina	Glicina	L-tirosina	Taurina	D-fenilalanina
Asparagina	L-valina	L-histidina	L-arginina	L-lisina	DL-fenilalanina
PRODUCTOS ANIMALES					
Adrenal	Próstata	Bazo	Timo	Aceites de Pescado	
Aorta	Paratiroides	Pituitaria	Tiroides	Gelatina (únicamente si es ingrediente activo)	
Riñón	Páncreas	Cartílago	Testículos		
Hígado	Sulfato de condroitina	de Tiburón	Ovarios		
CONCENTRADOS, METABOLITOS Y CONSTITUYENTES					
HORMONAS					
Dehidroepiandrosterona (DHEA)		Androstenediol	Pregnenolona	Ácido Gamma aminobutirico	
Norandrostenediona		Melatonina	Androsterona		
METABOLITOS					
Creatina	Coenzima Q	Lecitina	Sulfato de Condroitina	Inosina, adenina	
NAD	Inositol	Colina	Ácido pangámico(DMG)	Carnitina	
NADH	Ácido lipolico	Glucosamina	Piruvato	Alfa-cetoácidos	
SUSTANCIAS DERIVADAS DE PLANTAS					
Yohimbina	Glicosidos	Psudofedrina	Octacosanol	Isoflavones	
Ginsenosidos	Sitosterol	Ecdisteroides	Ácido ferulico	Fitostanoles y	
Ginkoloides	Efedrina	Diosgenina, hecogenina	Gamma-orizanol	fitoesteroles	

Cuadro 7. Suplementos alimenticios por categoría. (continuación)

HERBALES Y BOTANICOS				
Ajo	Siempreviva	Goldenseal	Raíz de valeriana	Suplementos de
Ginseng	Equinacea	Ají	Aceites vegetales	psyllium
Ginko biloba	Gotu Kola	Jengibre	Sawpalmetto	Ma Huang – Efedra
	Feverfew		Fibra de trigo	Hierba de San Juan
MINERALES				
Boro,	Cromo	Yodo	Hierro	Potasio
Borato	Flúor	Fósforo	Magnesio	Selenio
Calcio	Molibdeno	Cobre	Manganeso	Vanadio
		Zinc		
INFUSIONES				
Té Verde		Té Negro		Otras Infusiones
PROTEINAS				
Proteína de soya	Proteína de huevo	Suero	Colágeno	
Proteína vegetal	Proteína de leche	Caseína	Gelatina	
VITAMINAS				
Vitamina A (beta-caroteno, retinol)	Biotina	Vitamina B ₂ (riboflavina)	Folato, ácido	
Vitamina D (calciferol)	Colina	Vitamina B ₆ (piridoxina)	fólico	
Vitamina E (tocoferol)	Vitamina B ₁ ,	Vitamina B ₁₂ (cobalamina)	Vitamina B ₃	
Vitamina K (filoquinona)	tiamina	Vitamina C (ácido	(Niacina)	
		ascórbico)	Ác. pantoténico	

Fuente: Muth *et al.*,(1999)

Este tipo de ingredientes pueden ser empleados en alimentos y bebidas siempre y cuando se incluya la siguiente leyenda “Este producto no es un medicamento”, escrito con letra fácilmente legible y en colores contrastantes tal y como lo indica la Ley General de Salud.

Lo anterior hace posible el empleo de diversos ingredientes de uso específico en poblaciones como deportistas hacia el público en general como es el caso de la creatina.

1.7. Creatina

La creatina (Ácido α -metil guanidino-acético), se deriva de los aminoácidos arginina, glicina y metionina. El cuerpo la forma básicamente en el hígado, los riñones y el páncreas; también puede obtenerse en una dieta rica en carne o pescado (aproximadamente 5 g de creatina por cada kilogramo de carne). La creatina se acumula básicamente en el músculo esquelético (95 %); el 5 % restante se encuentra almacenado en el cerebro, hígado, riñón, y en los testículos) en forma de creatina libre unida a una molécula de fosfato (fosfocreatina, PCr) (Guyton 2000, Persky 2001) . La PCr sirve como fuente inmediata de energía para la contracción muscular, algo especialmente importante para los ejercicios de breve duración, alta intensidad y carácter anaerobio, como cualquier sprint (carreras de velocidad) y halterofilia. Otra función de la creatina es su capacidad para detener o rechazar a los protones, responsable de la baja del pH del músculo, factor que contribuye a disminuir la fatiga muscular (Kreider 1998).

Se tienen reportes de uso de creatina en las olimpiadas de 1992. Las campeonas en 100 metros planos y 400 metros con obstáculos, Linford Christie y Rally Guneel, respectivamente, refirieron haberla usado. Para las olimpiadas de 1996 se estima que el 80 % de los atletas emplearon creatina (Cr). Fue en este intervalo de tiempo en el cual se comenzó a estudiar con más profundidad como suplemento alimenticio en diferentes deportes. Esto ha hecho que sea el suplemento más utilizado en el deporte (Degussa 2003), y es uno de los suplementos mejor estudiado en el campo de la nutrición deportiva; siendo eficiente como sustancia ergogénica, la cual ha sido revisada y aceptada por numerosas autoridades (SCF 2000).

Investigaciones *in vitro* (Wyss 2000), han demostrado que la degradación de (creatina (Cr) a creatinina (Crn) es un proceso espontaneo y no enzimático (Figura 2).

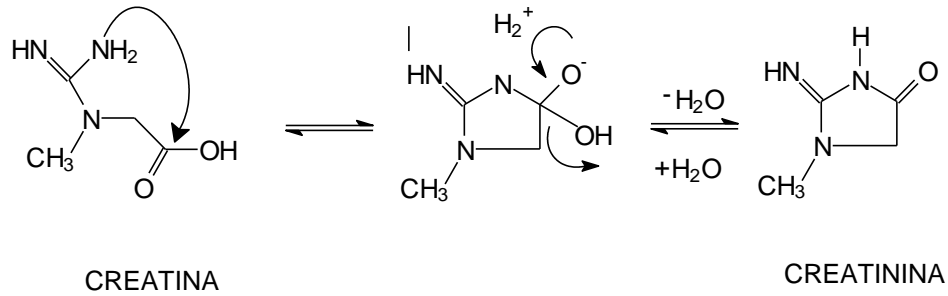


Figura 2. Degradación de la Creatina

Comenzando con disoluciones de Cr pura, ésta se degrada a Crn a razón de 1.0-1.3% por día (pH = 7.0-7.2 y 38°C) (Wyss 2000). La formación del anillo de Crn es una reacción reversible y no enzimática; y depende tanto del pH como de la temperatura. En valores de pH entre 7-9 junto con bajas temperaturas, se mantiene la molécula de la Cr; mientras que a valores de pH ≤ 6 y altas temperaturas ésta se degrada a Crn; en ambos casos sólo se obtiene una molécula, ya sea Cr o Crn, pero no ambas (Balsom 1993, Wyss 2000, Branch 2003)

La empresa DEGUSSA en la ficha técnica de su producto Creapure® (monohidrato de creatina) reporta que la solubilidad de la creatina, en agua, incrementa conforme se aumenta la temperatura (Figura 3).

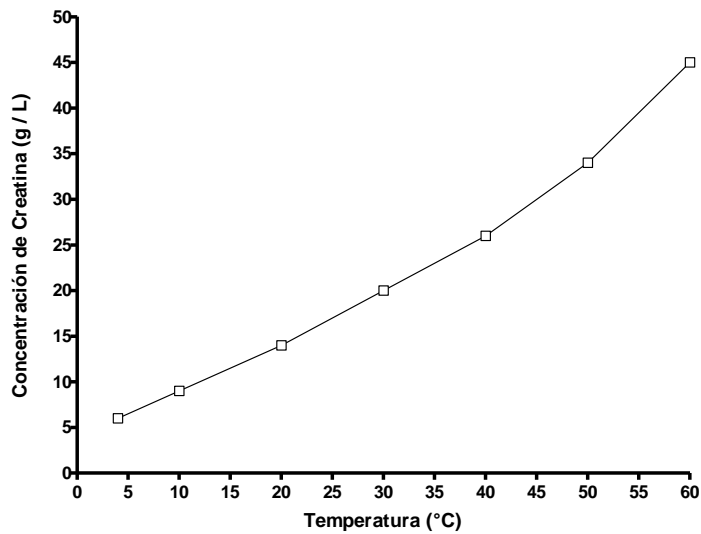


Figura 3. Solubilidad de Creapure® a diferentes temperaturas.

Sin embargo, al incrementar la temperatura se favorece la degradación de la Cr a Crn; siendo esta última más soluble en agua, entonces, podríamos argumentar que dicha solubilidad reportada a temperaturas de más de 38°C no correspondería a la concentración real de la Cr sino a una combinación de Cr y Crn.

La figura 4 muestra la degradación de la creatina a 25°C después de: 0.5 h, 4 h, 8h, 1 d, 2 d y 3 d a diferentes valores de pH (7.5, 6.5, 5.5, 4.5, 3.5). El pH se ajustó usando ácido acético al 50% e hidróxido de potasio 5 N.

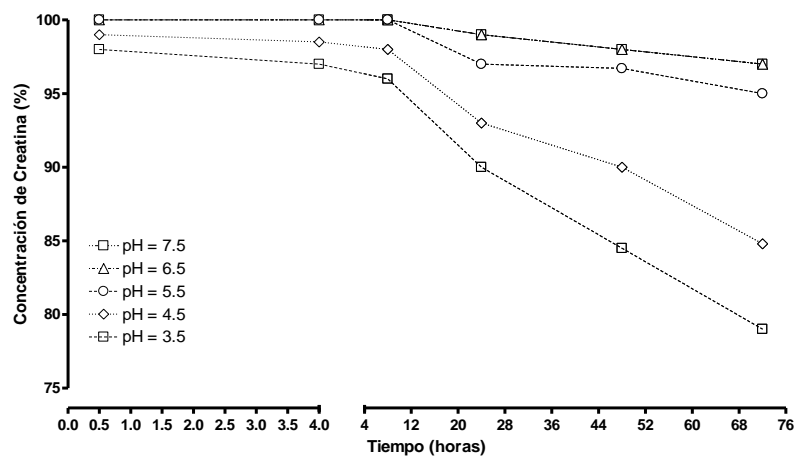


Figura 4. Estabilidad de Creapure® a diferentes condiciones de pH.

No se observó una degradación de la Cr mayor al 5% en pH de 5.5 – 7.5 durante los tres días; sin embargo a pH de 3.5 – 4.5 durante las primeras 24 horas ya se podía observar una degradación cercana al 10% y esta tendencia continuó por los siguientes dos días, siendo mayor la degradación a pH 3.5 que alcanzó 23 %, mientras que al pH de 4.5 fue sólo del 15 %. Esto concuerda con lo mencionado anteriormente.

Pero, si se almacena la disolución de Cr a temperaturas de refrigeración (4 °C) su concentración no disminuye más del 8 %, incluso a pH de 3.5 (Figura 5). Esta es una buena alternativa para almacenar bebidas elaboradas con este producto.

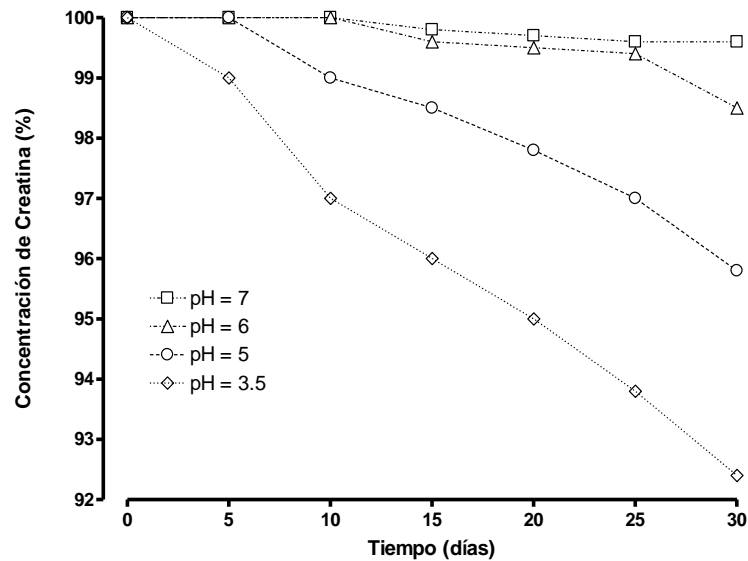


Figura 5. Estabilidad de Creapure® a diferentes pH.

Con base a las características de estabilidad la creatina se puede adicionar como suplemento alimenticio para obtener una bebida con las siguientes características en orden de importancia: pH (>4.5), temperatura de almacenaje (4°C) y tiempo de almacenaje (no más de dos meses)

1.8. Potencial del mercado de bebidas

A nivel mundial el sector industrial de alimentos, bebidas y tabaco generó ventas cercanas a \$6,319. millones de dólares en el año 2009 (Datamonitor 2010); de los cuales el 67.1% pertenece a alimentos, 25% a bebidas, y 7.9% de tabaco (Datamonitor 2010). Las cuatro empresas más importantes del mercado son, en primer lugar *The Coca Cola Company* (4%), en segundo *PepsiCo Inc.* (2.8%), en tercer lugar *Nestlé S.A.* (1.7%), y en cuarto lugar *Philip Morris International* (1.6%) (Datamonitor 2010). Lo anterior muestra la fortaleza de cada segmento, del primer al tercer lugar se encuentran los binomios de bebidas y alimentos, mientras que en el cuarto lugar está la empresa productora de tabaco más importante. Las ventas a se encuentran divididas en cuatro grandes grupos: Europa con el 36.8%, Asia-Pacífico

con el 32.3%, Continente Americano con el 24%, y Resto del Mundo 6.9% (Datamonitor 2010). Esto sitúa a América como un mercado muy importante.

A nivel mundial el mercado de bebidas no alcohólicas generó, en 2008, ventas por casi \$386.8 mil millones de dólares, siendo las bebidas carbonatadas el mejor negocio generando \$180 mil millones de dólares, equivalente al 46.5% del mercado (Datamonitor 2009).

Global New Products Database (GNPD 2010) proporciona la principal cobertura editorial mundial sobre desarrollo de nuevos productos; éste vigila la creación de productos en mercados de bienes de consumo envasados, ofreciendo la mejor cobertura de las actividades de innovación para la evaluación de competidores y generación de ideas de productos. Abarca los sectores de comida, bebida y de no-alimentación.

La importancia de las bebidas en el mercado latino es de suma importancia, ya que ocupa el primer lugar en número de lanzamientos anuales. El cuadro 8 agrupa los segmentos y el total de lanzamiento entre 2003 a 2005.

Cuadro 8. Número de lanzamientos de alimentos y bebidas en Latinoamérica, 2003-2005

Segmento	2003	2004	2005	Total
Bebidas	898	1,145	1,914	3,957
Panificación	540	1,021	1,605	3,166
Sazonadores y salsas	391	654	1,176	2,221
Confitería	361	716	1,007	2,084
Lácteos	354	672	967	1,993
Snacks	368	551	763	1,682
Postres y helados	330	451	584	1,365
Otros	1185	1516	2748	5,449
Total	4,427	6,726	10,764	21,917

Fuente: (GNPD 2010)

El valor del mercado de bebidas en Latinoamérica (LA) representa el 44.54% a nivel mundial, seguido de Europa por 36.6% y por último Asia Pacífico con el 18.9% (Euromonitor 2010)

El mercado de bebidas no alcohólicas en LA se encuentra dividida en cinco grandes grupos; primera mente a las conocidas como soft drink, luego a las carbonatadas, jugos, agua embotellada y bebidas funcionales. En los últimos años se han añadido tres grupos más, los concentrados, RTD te y RTD café.

Estos grupos se muestran en la figura 6, donde se aprecian los tres principales segmentos por venta en millones de litros; en primer lugar se encuentran las bebidas no alcohólicas, seguidas de las bebidas carbonatadas y en tercero el agua embotellada.

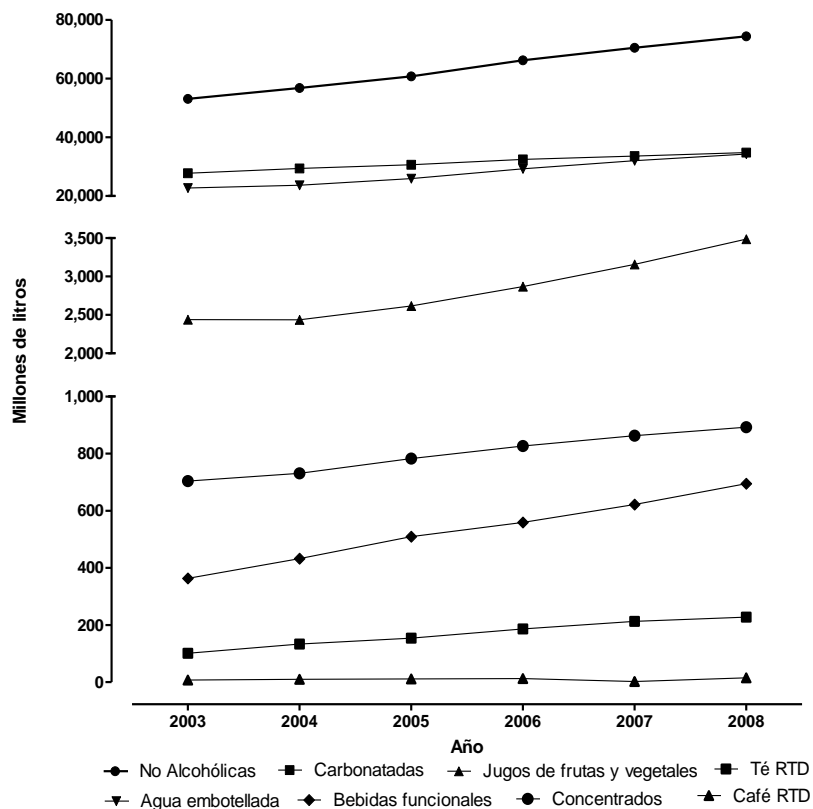


Figura 6. Venta de millones de litros de bebidas para Latinoamérica

En Latinoamérica, México ocupa el primer lugar en ventas para este tipo de bebidas con el 52.23% de mercado (cuadro 9), seguido por Brasil con el 23.61%, y Argentina con el 12.95%; Colombia, Venezuela y Chile ocupan el resto del mercado (11.21%) (Euromonitor 2010)

En el reporte emitido por Euromintor de 2010 para América Latina se incluyen las bebidas funcionales en su clasificación general, demostrando así, el potencial de mercado en este segmento. A continuación se muestra el crecimiento (cuadro 9).

Cuadro 9. Venta de bebidas en millones de USD sin alcohol para Latinoamérica.

	2003	2004	2005	2006	2007	2008	Total	%
Argentina	12.88	14.58	15.85	17.04	18.50	19.82	98.67	12.95%
Brasil	27.98	27.27	28.22	29.92	32.03	34.39	179.80	23.61%
Chile	3.39	3.57	3.87	4.06	4.36	4.66	23.91	3.14%
Colombia	5.30	5.28	5.37	5.60	5.88	6.18	33.61	4.41%
México	54.04	58.52	63.11	70.32	74.34	77.45	397.78	52.23%
Venezuela	3.31	4.0	4.52	5.02	5.34	5.67	27.86	3.66%

México

El mercado mexicano de bebidas no alcohólicas generó ventas, en 2008, de \$17.2 mil millones de dólares, con un crecimiento anual de 3.7% en el periodo de 2004 – 2008, lo cual sigue una tendencia a la alza del mercado durante varios años (Figura 7) (Euromonitor 2005, Euromonitor 2010)

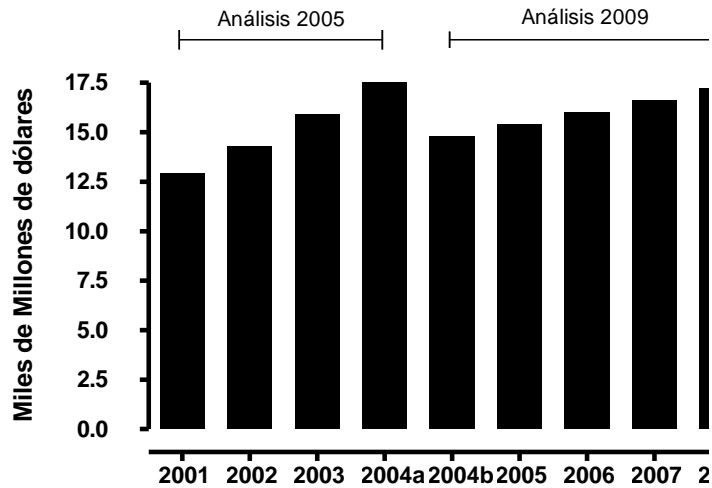


Figura 7. Ventas de bebidas no alcohólicas en México de 2001-2008.

El mercado de bebidas no alcohólicas en México, con datos del 2008 reportados en 2009, se divide en los siguientes rubros: bebidas carbonatadas (83.80%), jugos (7.20%), agua embotellada (6.90%), bebidas funcionales (1.20%), smoothies (bebidas con concentrado de fruta, hielo, agua y/o leche) (0.8%), café y té listos para beber (0.10%) (Datamonitor 2009).

Comparando el mercado mexicano con el mercado mundial, ambos con datos del 2008, se observa que las bebidas carbonatadas monopolizan este sector a nivel nacional, mientras que globalmente representan menos de la mitad del sector (46.50%) y las funcionales ocupan el 7.2% y en México sólo representan el 1.2% del sector (Datamonitor 2009). Esto representa un potencial de crecimiento de mercado muy alto para las bebidas funcionales; lo que favorece la innovación y desarrollo de productos en este mismo rubro.

1.9. Desarrollos a nivel mundial con creatina como ingrediente

GNPD tiene pocos registros de lanzamientos de productos empleando Cr dentro de la formulación. Como se mencionó antes, la Cr es un ingrediente que puede ayudar a los deportistas a mejorar su rendimiento.

En el cuadro 10 se aprecian las características de los desarrollos a nivel mundial, por país, año de lanzamiento y sub-categoría de producto (GNPD 2010).

Cuadro 10. Lanzamientos de bebidas con creatina a nivel mundial

Producto	Compañía	País	Año de lanzamiento	Sub-categoría	Presentación
Energy Drink	PepsiCo	Canadá	2005	Bebidas Energéticas	470 mL
Orange Drink	Atria Sejahtera Prima	Indonesia	2006	Néctares	250 mL
Kaffeine Kick Energy Drink	Peak Body Nutrition	Grecia	2007	Bebidas Energéticas	50 g
Energy Drink	SSP	Japón	2009	Bebidas Energéticas	50 mL
Weight Gainer Energy & Muscle Supplement	Cadila Healthcare	India	2009	Sustitutivos de Comidas y Otras Bebidas	300 g
Strength & Energy Juice Drink	HealthSpan Solutions	Estados Unidos	2009	Bebidas de Frutas/de Sabores	250 mL
Body Build High Protein Drink Mix	Alliance Boots	Reino Unido	2009	Sustitutivos de Comidas y Otras Bebidas	700 g
Energy Drink	SSP	Japón	2010	Bebidas Energéticas	50 mL
Energy Drink	Nestlé	Australia	2010	Bebidas Energéticas	500 mL

Cuadro 10. Lanzamientos de bebidas con creatina a nivel mundial (continuación)

Maximum Weight Gainer	Multipower Professional	Francia	2010	Sustitutivos de Comidas y Otras Bebidas	2500 g
Energy Booster Sticks	Leader	Finlandia	2010	Bebidas Energéticas	85 g
Vitamin Drink	Zhejiang Happy Wood Foods	China	2010	Bebidas Energéticas	500 mL
Energy Mix with Creatine	Muscle Science International	Sudáfrica	2010	Bebidas Energéticas	15 g

1.10. Componentes de las bebidas no alcohólicas

Los componentes básicos de una bebida no alcohólica lista para consumirse son: agua, edulcorantes, saborizantes, colorantes, acidulantes y conservadores.

A continuación se describen los aditivos empleados para la formulación:

1.10.1. Sacarosa

El azúcar de mesa es el edulcorante más utilizado en los alimentos. Es un disacárido, formado por una molécula de fructosa y otra de glucosa, que no tiene poder reductor sobre el reactivo de Fehling. En la naturaleza se encuentra en un 20% del peso en la caña de azúcar y en un 15% del peso de la remolacha azucarera, de las que se obtienen el azúcar de mesa (Fennema 2001).

1.10.2. Saborizante

Los sabores cítricos están asociados con la frescura siendo el del limón el más empleado dentro de la industria de bebidas, ya sea en polvo, bebida carbonatada, no alcohólica, entre otros. Gracias a su sabor ácido, las bebidas que lo contienen tienen un matiz agradable y que gusta a la mayoría de la población (Belitz y Grosch 1999).

1.10.3. Amarillo No. 5 (Tartrazina)

La tartrazina es un colorante artificial ampliamente utilizado en la industria alimentaria. Pertenece a la familia de los colorantes azoicos (los que contienen el grupo azo $-N=N-$). Es incompatible con la lactosa y con el ácido ascórbico.

Conocido también como Food Yellow 4, Amarillo tartrazol, C.I Acid Yellow 23. Su nombre químico es la Sal trisódica del ácido 4-*p*-sulfobencenazo-1-*p*-sulfofenil-5-hidroxipirazol-3-carboxílico. Es un compuesto derivado del carbono, obtenido por síntesis química y que se emplea como aditivo de color en alimentos, productos de perfumería y belleza, es un polvo fino homogéneo de color naranja amarillento, inodoro, muy higroscópico, que en disolución a 10 ppm tiene una tonalidad amarillo brillante, libre de materia extraña. Su Color Index (C.I) es el 19140 NO. CAS 1934-21-0. Numero E (CEE) E102. Tienen un peso molecular de 534.36 g/mol (Codex 1990).

1.10.4. Ácido cítrico

El ácido cítrico se usa mucho como secuestrador con antioxidantes, para acelerar el curado de carnes y como saborizante en concentraciones hasta de 4500 ppm del producto final. Es un buen conservante natural que se añade industrialmente como aditivo en el envasado de muchos alimentos como las conservas de vegetales enlatadas o las bebidas; y se emplea también como regulador de pH (Frange 1990).

El ácido cítrico es un ácido orgánico tricarboxílico que está presente en la mayoría de las frutas, sobre todo en cítricos como el limón y la naranja. Su fórmula química es $C_6H_8O_7$ peso molecular de 192.12 g/mol, se obtiene de desperdicios cítricos o por fermentación de hidratos de carbono con *Aspergillus Níger*.

1.10.5. Benzoato de sodio

Como aditivo alimentario es usado como conservador, inhibiendo eficientemente a la mayoría de levaduras, bacterias y hongos. Este sólo es efectivo en condiciones ácidas ($\text{pH} < 4,5$) lo que hace que su uso más frecuente sea en conservas, en aderezo de ensaladas (vinagre), en bebidas carbonatadas (ácido carbónico), en mermeladas (ácido cítrico), en zumo de frutas (ácido cítrico) y en salsas de comida china (soja, mostaza y pato). Más recientemente, está presente en muchos refrescos como Sprite, Fanta, Sunkist, Dr Pepper y Coke Zero. El sabor no puede ser detectado por alrededor de un 25% de la población, pero para los que han probado el producto químico, tienden a percibirlo como dulce, salado o a veces amargo (Chiplely 1983).

También conocido como benzoato de sosa, es una sal blanca, cristalina o granulada, de fórmula $\text{C}_7\text{H}_5\text{O}_2\text{Na}$. Es soluble en agua y ligeramente soluble en alcohol. La sal es antiséptica y se usa generalmente para conservar los alimentos. En cantidades elevadas es tóxica. Puede ser producido por reacción de hidróxido sódico con ácido benzoico (Frange 1990).

Objetivo general

Desarrollar una formulación base de bebida no alcohólica adicionada de monohidrato de creatina, para emplearse como suplemento alimenticio.

Objetivos específicos

- Diseñar una bebida adicionada de monohidrato de creatina con un pH final de 4.0 – 4.5.
- Evaluar la estabilidad de la creatina adicionada a la bebida por 3 días a través de un método espectrofotométrico a tres temperaturas diferentes de almacenamiento (4°C, 24°C y 36°C)
- Evaluar el sabor de la bebida con respecto a un placebo para conocer la posible influencia de la creatina en el sabor final.

Hipótesis

La creatina adicionada a una la bebida no alcohólica presenta una estabilidad mayor a 98% a un pH de 4.0 – 4.5, en un intervalo de tiempo de temperatura de 4-36°C, durante 3 días.

Justificación

La importancia del número de lanzamiento por año en el sector de bebidas muestra un potencial de mercado importante para la mayoría de las empresas de este giro. Las bebidas funcionales han crecido en los últimos años y representa un nicho de mercado aún sin explotar y que puede generar ingresos importantes para las compañías. El mercado de productos funcionales en México no muestra un movimiento, mientras que en países Europeos y países de América han presentado crecimiento en los lanzamientos de productos que contienen el monohidrato de creatina, aunque siguen dominando los productos en polvo, lo cual se debe a la estabilidad del activo en seco.

La importancia del presente trabajo de investigación fue de desarrollar una bebida en forma líquida estable a los tres factores más importantes que afectan la estabilidad del monohidrato de creatina que son; pH y temperatura

II. Metodología

El desarrollo de la bebida para deportistas adicionada de monohidrato de creatina sabor limón implicó la investigación sobre la estabilidad a tres variables diferentes; pH, temperatura y actividad acuosa, así como su aceptación sensorial mediante la aplicación de pruebas triangulares y hedónicas.

La experimentación se llevó a cabo en las siguientes etapas:

2.1. Estandarización de pH

El intervalo de pH deseado de la bebida final debía ser de 4.0 – 4.5. Para obtener este valor se realizó una serie de 12 puntos con las siguientes concentraciones de ácido cítrico en 100 mL de agua destilada (Cuadro 11).

Cuadro 11. Disolución de ácido cítrico diferentes concentraciones.

Matraz	gr ácido cítrico /100 mL
1	0.0005
2	0.001
3	0.0015
4	0.002
5	0.0025
6	0.003
7	0.005
8	0.01
9	0.015
10	0.02
11	0.025
12	0.03

También se hizo una serie de 7 puntos con disoluciones del saborizante limón, a partir de la dosis recomendada por el fabricante; 0.1% (cuadro 12)

Cuadro 12. Disoluciones de saborizante (limón) a diferentes concentraciones

Matraz	gr Sabor Limón /100 mL
1	0.1
2	0.05
3	0.04
4	0.03
5	0.02
6	0.01
7	0.005

Para ambas series de disoluciones se determinó pH a temperatura ambiente.

2.2. Determinación de la estabilidad de la creatina

Se determinó la concentración de creatina mediante la reacción de Jaffé (Blass, Thibert et al. 1974). En matraces volumétricos de 100 mL, se prepararon 11 disoluciones de creatina como se muestra en el anexo 1.

Concentración de creatinina para obtener la curva de calibración mediante la reacción de Jaffé.

En primer término se colocó en el matraz la disolución de creatina, luego el agua y 20 mL de ácido pícrico. Se dejó reaccionar 15 minutos, luego se aforó a 100 mL con agua destilada.

Se calibró el espectrofotómetro en modo de transmitancia a una longitud de onda de 520 nm y se leyeron cada una de las disoluciones. Las 11 disoluciones se realizaron por triplicado y se obtuvo una gráfica.

2.3. Elaboración de la bebida adicionada de creatina y el placebo

Una vez determinados los valores de pH (4.0 -4.5) deseados para la bebida se procedió a la elaboración de la bebida final y su placebo variando la relación de ácido cítrico, agua potable y saborizante, dejando como valores fijos el azúcar, el conservador, el colorante y la creatina.

La formulación se hizo por triplicado de acuerdo al cuadro 13:

Cuadro 13. Fórmulas base de la bebida adicionada con creatina.

Componente	Formulación		
	A	B (%)	C
Agua potable	93.2275	93.2085	93.2180
Monohidrato de creatina	0.750	0.750	0.750
Benzoato de sodio	0.010	0.010	0.010
Color (Amarillo No 5)	0.001	0.001	0.001
Azúcar	6.000	6.000	6.000
Sabor limón en polvo	0.010	0.030	0.020
Ácido cítrico	0.0015	0.0005	0.0010
Total	100.000	100.000	100.000

2.4. Evaluación sensorial de la bebida

Para determinar la formulación con mayor aceptación se realizó una prueba sensorial con 30 jueces aplicando una escala hedónica de 7 puntos (Cuadro 14).

Cuadro 14. Escala hedónica de aceptación de sabor en la bebida.

Escaia	Valor	A	B	C
Me gusta mucho	+3			
Me gusta	+2			
Me gusta ligeramente	+1			
Indiferente	0			
Me disgusta ligeramente	-1			
Me disgusta	-2			
Me disgusta mucho	-3			

El placebo de la formulación se realizó quitando la creatina de la fórmula mejor aceptada y se realizó una evaluación sensorial.

Para determinar si el placebo tenía una diferencia significativa del 0.1% a nivel sensorial con respecto a la bebida adicionada con creatina se realizó una prueba triangular para el sabor y color. Esta prueba es de las más empleadas ya que permite medir propiedades sensoriales de los alimentos, identificar muestras desiguales, diferencias en materias primas, entre otras.

Utilizando las tablas de chi cuadrada mediante la cual se miden los aciertos, errores y número de jueces se pudo conocer el número de observaciones necesarias para determinar si la población era capaz de encontrar diferencias.

Se emplearon tres muestras codificadas, dos idénticas y una diferente, que fueron presentadas simultáneamente. Las muestras control y la experimental fueron sistemáticamente variadas de tal forma que se presentaron como muestras casuales e idénticas en igual número de jueces. La prueba se realizó con una población de 50 jueces no entrenados, dicha población tiene en promedio una edad de 20 años.

La figura 8 muestra el formato de la evaluación triangular el cual indica al juez que identifique la muestra que cree que es diferente.

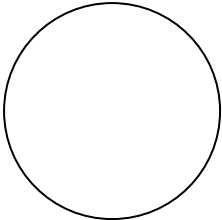
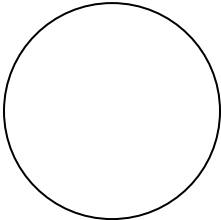
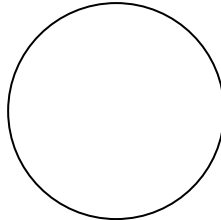
Nombre: _____		
Instrucciones: Dos de estas muestras son idénticas y una diferente. Por favor marque con una X la que crea que es diferente.		
Muestra codificada A	Muestra codificada B	Muestra codificada C
		

Figura 8. Formato de evaluación sensorial.

2.5. Tratamiento estadístico de los datos

Los datos obtenidos de la estabilidad de la bebida adicionada con creatina se tabularon y posteriormente se representaron en una gráfica de dispersión para conocer su naturaleza. El comportamiento observado era no lineal por lo que se decidió hacer un tratamiento estadístico logarítmico. Una vez obtenida la ecuación de la regresión se analizaron los valores de la estabilidad a diferentes valores de pH y temperatura.

Para el análisis de los resultados obtenidos de la evaluación sensorial se tomaron las tablas reportadas por Ureña en su libro Evaluación Sensorial (1999), dichas tablas están agrupadas para hacer un tratamiento estadístico más eficaz.

III. Resultados

3.1. Valores de las disoluciones de ácido cítrico y saborizante limón.

Los cambios en el valor de pH en las disoluciones del ácido cítrico y saborizante de limón a diferentes concentraciones se aprecian en los cuadros cuadro 15 y 16:

Cuadro 15. Valores de pH de una disolución de ácido cítrico a diferentes concentraciones.

Muestra	g ácido cítrico / 100		pH
		mL agua	
1	0.0005	4.6	
2	0.001	4.31	
3	0.0015	4.15	
4	0.002	4.03	
5	0.0025	3.95	
6	0.003	3.88	
7	0.005	3.69	
8	0.01	3.45	
9	0.015	3.32	
10	0.02	3.23	
11	0.025	3.17	
12	0.03	3.12	

El intervalo deseado de pH fue de 4.0 a 4.6, las cantidades óptimas de ácido cítrico para quedar en este intervalo fueron 5 - 20 ppm; mientras que la cantidad de saborizante limón para estar dentro del pH establecido fue 300 – 500 ppm. Entonces, para obtener una bebida con pH 4.6 se requieren 5 ppm de ácido cítrico y 300 ppm de saborizante limón. La estabilidad de la creatina depende del pH ya que a medida que ésta se acerca a la acidez su degradación a creatinina se incrementa (Kreider 1998).

Cuadro 16. Valores de pH de sabor limón a diferentes concentraciones.

Muestra	g Sabor Limón /100 mL		pH
	agua		
1	0.005		5.35
2	0.01		5.28
3	0.02		4.98
4	0.03		4.59
5	0.04		4.47
6	0.05		4.24
7	0.1		3.52

3.2. Curva calibración de creatinina

Los resultados de las disoluciones de creatinina obtenidos en la reacción de Jaffé mediante mediciones colorimétricas a una longitud de onda de 520 nm de transmitancia se presentan en el cuadro 17 (en el anexo 2)

Cuadro 17. Ensayos para determinar la curva de calibración.

Creatinina Mg/100mL	Transmitancia (520 nm)			
	A	B	C	Promedio
0.00	99.80	99.80	100.00	99.87
0.05	86.55	86.65	86.60	86.60
0.10	73.30	73.50	73.20	73.33
0.15	64.35	64.35	64.20	64.30
0.20	55.40	55.20	55.20	55.27
0.25	47.75	47.50	47.55	47.60
0.30	40.10	39.80	39.90	39.93
0.35	35.25	35.00	35.15	35.13
0.40	30.40	30.20	30.40	30.33
0.45	26.70	26.40	26.75	26.62
0.50	23.00	22.60	23.10	22.90

Los resultados de la curva de calibración se obtuvieron con respecto al complejo colorido de creatinina. Esta prueba se fundamenta en la reacción que tiene el ácido pícrico en condiciones alcalinas con la creatinina para formar el complejo coloreado que describe Jaffé en su método (Blass, Thibert et al. 1974), el cual puede ser medido por colorimetría.

Esta reacción es básica en la prueba de estabilidad propuesta, ya que con ella se midió la cantidad de creatina que se transforma a creatinina para así determinar la concentración final del principio activo en la bebida adicionada con creatina.

La naturaleza de los datos obtenidos en la curva de calibración corresponden a un distribución no lineal, el tratamiento estadístico que se ajusta mejor a la curva es la regresión exponencial coincidiendo con Hines *et al.* (2008).

El cuadro con los cálculos para la regresión lineal se presentan en el anexo 3.

La ecuación de regresión fue:

$$y = 99.505e^{-1.479X}$$

3.3. Estabilidad de la bebida adicionada con creatina

En el cuerpo humano, la forma de excreción de la creatina es como creatinina que se determina en la orina mediante la reacción mencionada (Blass, Thibert et al. 1974). En este estudio, la estabilidad de la creatina a través del tiempo y por efecto de la temperatura se midió de forma indirecta a través de la cantidad de Crn presente en la bebida.

Del cuadro 18, una transmitancia de 100 correspondería un 100% de creatina (750mg / 100mL). Las condiciones estudiadas (tiempo y temperatura) parecen no afectar la estabilidad de la creatina. La bebida se diseñó para tener un pH final de

4.6; no obstante al incorporar todos los ingredientes aumentó en promedio 1.7 décimas, lo cual contribuye a la estabilidad de la creatina

Cuadro 18. Valores promedio de transmitancia de la bebida a diferentes temperaturas por 3 días.

Día	% Transmitancia			pH final
	4°C	24°C	36°C	
1	99.1	98.5	98.8	4.78
2	98.9	98.3	98.6	4.73
3	99.4	99.1	98.4	4.81

Aplicando la fórmula obtenida se obtiene la cantidad en mg de creatinina y por tanto la cantidad de creatina degradada (cuadro 19):

$$y = 99.505e^{-1.479X}$$

Cuadro 19. mg de Creatinina presentes en la bebida adicionada de Cr

Temperatura °C	Transmitancia	mg de
	promedio	Creatinina/100mL
4	99.13	0.0025
24	97.63	0.006
36	98.6	0.0062

Se puede calcular el % de creatinina en la disolución asociando los pesos moleculares de la creatina y creatinina. La fórmula se puede expresar de la siguiente forma (Belitz y Grosch 1999).

$$\%Creatinina = \left[\frac{(mg \text{ creatinina})(\text{peso molecular creatina})}{\text{peso molecular creatinina}} \right] \frac{1}{750 \text{ mg creatina}} \times 100$$

En el cuadro 20 se presentan la creatinina cuantificada y la creatina final presente en la bebida, expresadas en mg y porcentaje.

Cuadro 20. Concentración de creatina en la bebida adicionada de creatina.

Temperatura °C	Creatinina		Creatina	
	mg	%	mg	%
4	0.0025	0.00039	749.99750	99.99961
24	0.006	0.00092	749.99400	99.99908
36	0.0062	0.00095	749.99380	99.99905

Los resultados anteriores revelan que la adición de creatina a una bebida no alcohólica puede permanecer estable a temperatura ambiente durante tres días, durante los cuales la degradación es inferior a 0.001%, a pesar de que el pH es ácido. Esto indica que la bebida puede transportarse de manera normal y no requiere de cuidados adicionales.

3.4. Evaluación sensorial de la bebida con creatina con respecto al placebo

En la prueba triangular llevada a cabo en la bebida con creatina, los jueces (no entrenados) no percibieron una diferencia entre las tres muestras evaluadas. Sólo 6 de los 50 jueces lograron identificar las dos muestras iguales. Este resultado es el esperado ya que la creatina es un material que no aporta color en disolución.

La diferencia en sabor fue detectada por 8 de los 50 jueces. En este caso, el sabor adicionado enmascaró bien el resabio que pudiera dejar la creatina en la bebida, considerando que la cantidad adicionada es relativamente elevada (0.75%).

Si 26 jueces de los 50 hubieran acertado, la bebida debía reformularse. Los resultados muestran que la población no fue capaz de diferenciar entre la muestra que contenía el monohidrato de creatina con respecto a la bebida que no la contenía (placebo).

La bebida desarrollada está destinada para probarla en jóvenes deportistas. Cuando éstos la probaron sintieron una sensación de picor en la garganta. Con el fin de eliminar este defecto se diseñaron 3 formulaciones (cuadro 21) en las cuales se variaron las concentraciones de sabor (limón) y se redujo la concentración de ácido cítrico (responsable del defecto). Para medir la aceptación de estas formulaciones se llevó a cabo una prueba hedónica de 7 puntos (Lawless y Heymann 2010) con 30 jueces.

Cuadro 21. Formulaciones de las muestras presentadas para la prueba sensorial hedónica.

Componente	Formulaciones		
	A	B (%)	B
Agua potable	93.2275	93.2085	93.2180
Monohidrato de creatina	0.750	0.750	0.750
Benzoato de sodio	0.010	0.010	0.010
Color (Amarillo No 5)	0.001	0.001	0.001
Azúcar	6.000	6.000	6.000
Sabor limón en polvo	0.010	0.030	0.020
Ácido cítrico	0.0015	0.0005	0.0010
Total	100.000	100.000	100.000

La muestra con mayor aceptación fue la B, con una preferencia del 76.67%, la cual contenía una concentración mayor de sabor y menor de ácido cítrico. En el cuadro 22 se presentan el número de jueces que eligieron cada una de las muestras y el porcentaje de preferencia.

Cuadro 22. Resultados para la escala hedónica de la bebida.

Muestra	No de jueces	Preferencia %
A	4	13.33
B	23	76.67
C	3	10.00
	Total: 30	Total: 100

3.5. Composición porcentual de la bebida adicionada con creatina

Tomando en consideración los resultados en el ajuste de pH, la estabilidad de la creatina por efecto del tiempo y temperatura y la evaluación sensorial, se determinó que la mejor formulación es la que se muestra en el cuadro 23.

Cuadro 23. Formulación final de la bebida adicionada con creatina.

Componente	Bebida adicionada con creatina (%)
Ácido cítrico	0.0005
Benzoato de sodio	0.01
Color (Amarillo No 5)	0.001
Azúcar	6.0
Sabor limón en polvo	0.03
Monohidrato de creatina	0.75
Agua potable	93.2085
Total	100

La cantidad de creatina requerida para la fórmula es de 0.75 g por cada 100 mL por lo que en una bebida de 500 mL se va a tener 3.75 g de creatina, que es el valor fijado para esta bebida.

La bebida desarrollada es estable durante 3 días y puede mantenerse sin refrigerar en lugares cálidos (36°C). El producto final se puede elaborar en polvo y dividirse en porciones para que los deportistas que lo van a ingerir puedan disolver la cantidad deseada al momento del consumo.

Por otro lado, el contenido de creatina en la bebida desarrollada se encuentra dentro de la dosis recomendada de ingesta diaria para deportistas (3 g / día) por lo que su consumo puede proporcionar un beneficio para los deportistas o personal en general (Hultman, Soderlund et al. 1996).

IV. Conclusiones

Con base en los resultados obtenidos se hacen las siguientes conclusiones:

- Se desarrolló una bebida no alcohólica para deportistas adicionada de monohidrato de creatina para jóvenes de 18 a 22 años de edad con un peso entre 60 - 65 kg.
- La bebida desarrollada presentó una estabilidad mayor del 98%, en un pH de 4.7, durante tres días y a temperaturas que van de 4°C a 36°C.
- La pérdida de creatina expresada como porcentaje de creatinina fue inferior a 0.00075% en la bebida final.
- La bebida contiene 0.75% de creatina y no afecta los atributos sensoriales evaluados (color y sabor).

Comentarios

El presente trabajo de investigación es el resultado de la formación académica como Químico en Alimentos, desde las tecnologías para realizar el desarrollo de un nuevo producto, las regulaciones que se deben cumplir, las pruebas para determinar la estabilidad, vida de anaquel considerando también el punto de vista comercial.

Referencias

- Amendola, C., et al. (2004). "Multivariate statistical analysis comparing sport and energy drinks." Innovative Food Science & Emerging Technologies **5**(2).
- Ashurst, P. R. (2008). Chemistry and technology of soft drinks and fruit juices. Great Britain, Wiley-Blackwell.
- Astiasarán, I. and J. A. Martínez (1999). "Alimentos: composición y propiedades." Ed. McGraw Hill-Interamericana.
- Balsom, P. D. y. C. (1993). "Effect of oral creatine supplementation on skeletal muscle phosphocreatine and dynamic high-intensity intermittent exercise." Scan. J. Med Sci.Sports **3**: 143-149.
- Belitz, H. and W. Grosch (1999). Food Chemistry. Germany, Springer.
- Blass, K., et al. (1974). "A study of the mechanism of the Jaffe reaction." Clinical Chemistry and Laboratory Medicine **12**(7): 336-343.
- Branch, D. J. (2003). "Effect of Creatine Supplementation on Body Composition and Performance: A Meta-analysis " International Journal of Sport and Exercise Metabolism **13**: 198-226.
- Brauns, F. (1995). Necesidades nutricionales de los atletas. Madrid, España, Paidotribo.
- Burke, L. y. D., V. (2000). Clinical sport nutrition. Sydney, Australia, Mc Graw Hill.
- Camire, M. E. y. K. M. A. (1999). Dietary Supplemets: Nutritional and Legal Considerations. Food Technology. **53**: 87-96.
- Codex, C. o. F. C. (1990). Food Chemical Codex. Washintong, D.C, National Academy Press.
- Coombes, J. S. and K. L. Hamilton (2000). "The Effectiveness of Commercially Available Sports Drinks." Sports Medicine **29**: 181-209.
- Chiple, J. (1983). SODIUM BENZOATE AND BENZOIC ACID Ney York, Decker.
- Datamonitor (2002). Mexico Energy and Sport Drinks. Market Profile. New York, Datamonitor.

Datamonitor (2009). Global Soft Drinks 2009. Industry Profile. New York, Datamonitor: 1-33.

Datamonitor (2009). México Soft Drinks 2009. Industry Profile. New York, Datamonitor: 1-32.

Datamonitor (2010). Global Food, Beverage and Tobacco 2010. Industry Profile. New York, Datamonitor: 1-36.

Degussa (2003). The use of Creatine Monohydrate in Sport Nutrition. Germany, Degussa BioActives.

Diario Oficial de la Federación (2009). "Ley General de Salud."

Euromonitor (2010). Consumer Latinoamerica 2010. Consumer Lationamerica. London, Euromonitor International: 144.

Euromonitor, I. (2005). Consumer Latin America 2005. Londres, Inglaterra, Euromonitor Internacional Plc.

Fennema, O. (2001). Química de los Alimentos. España, Acribia.

Fernández, e. a. (1999). Entrenamiento físico-deportivo y alimentación: De la infancia a la edad adulta. España, Paidotribio.

Frange, A. J. (1990). La ciencia de los alimentos de la A a la Z. España, Acribia.

GNPD (2010). "Global new products database." from www.gnpd.com/sinatra/gnpd/frontpage.

Guyton, A. C. (2000). Tratado de Fisiología Médica. México, Mc Graw Hill.

Hines, W. W., et al. (2008). Probability and statistics in engineering, John Wiley & Sons.

Hultman, E., et al. (1996). "Muscle creatine loading in men." Journal of Applied Physiology **81**(1): 232-237.

Kreider, y. C. (1998). "Effects of Creatine Supplementation on body composition, strength, and sprint performance." Medicine and Science in Sports and Exercise **30**: 73-82.

Kwak, N. S. and D. J. Jukes (2001). "Functional foods. Part 1: the development of a regulatory concept." Food Control **12**(2): 99-107.

Kwak, N. S. and D. J. Jukes (2001). "Functional foods. Part 2: the impact on current regulatory terminology." Food Control **12**(2): 109-117.

Lawless, H. T. and H. Heymann (2010). Sensory evaluation of food: principles and practices. USA, Springer.

Martínez, J. A. (2000). Alimentos: Composición y propiedades. España, Mac Graw Hill.

Muth, M. K. (1999). Economic Characterization of the Dietary Supplement Industry. USA, FDA.

Persky, A. M. (2001). "Clinical Pharmacology of the Dietary Supplement Creatine Monohydrate." Pharmacological Reviews **53**: 161-176.

PROFECO (2000). Bebidas saborizadas, hidratantes y para deportistas. Revista del consumidor.

Salud, S. d. (1999). Reglamento de Control Sanitario de Productos y Servicios. SSA. México, SSA.

Sarmiento, J. M. (2004). Bebidas energizantes. Bebidas Mexicanas. **13**: 12 - 16.

SCF (2000). Report of the Scientific Committee on Food (SCF) of the European Union on composition and specification of food intended to meet the expenditure of intense muscular effort, especially for sportmen. EU, Scientific Committee on Food.

Schmidl, M. K. and T. P. Labuza (2000). Essentials of functional foods. USA, Aspen Publishers.

U.S. FDA, F. a. D. A. C. f. F. S. a. A. N. (1995). Dietary Supplement Health and Education Act (DSHEA) of 1994, Food and Drug Administration Center for Food Safety and Applied Nutrition.

Ureña, P. (1999). Evaluación sensorial de los alimentos: aplicación didáctica. Perú, Universidad Nacional Agraria La Molina.

Wilmore, J. and D. Costill (2004). Fisiología del esfuerzo y el deporte. España, Paidotribo.

Wolinsky, I. and J. A. Driskell (2007). Sports nutrition: energy metabolism and exercise. USA, CRC.

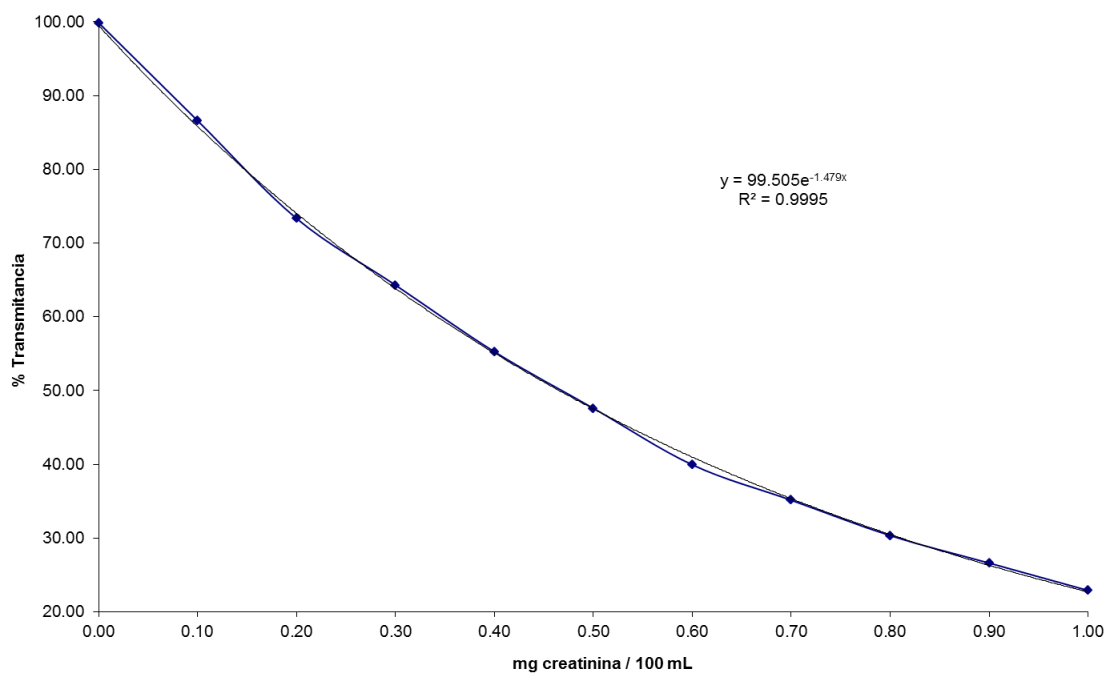
Wyss, M. K.-D., R (2000). "Creatine and Creatine Metabolism." Physiological Reviews **80**: 1107-1213.

V. Anexos

1. Preparación curva de calibración reacción de Jaffé.

Matraz	Estándar Crn (mL)	Agua destilada (mL)	Ác. pícrico (mL)
1	0.00	30	20
2	0.05	29.95	20
3	0.10	29.9	20
4	0.15	29.85	20
5	0.20	29.8	20
6	0.25	29.75	20
7	0.30	29.7	20
8	0.35	29.65	20
9	0.40	29.6	20
10	0.45	29.55	20
11	0.50	29.5	20

2. Curva de calibración con regresión logarítmica base e



3. Cálculos para la regresión exponencial para determinar la ecuación y determinar los mg de creatinina.

X	Y	ln(y)	x ²	x ln(y)	(ln y) ²	
0.00	99.87	4.60383596	0	0	21.19530557	
0.10	86.60	4.46129982	0.01	0.446129982	19.90319604	
0.20	73.33	4.29501526	0.04	0.859003052	18.44715606	
0.30	64.30	4.16355963	0.09	1.249067889	17.3352288	
0.40	55.27	4.01216995	0.16	1.604867982	16.09750774	
0.50	47.60	3.86283276	0.25	1.931416381	14.92147694	
0.60	39.93	3.6872114	0.36	2.212326838	13.59552789	
0.70	35.13	3.55915035	0.49	2.491405243	12.6675512	
0.80	30.33	3.41224722	0.64	2.729797774	11.64343108	
0.90	26.62	3.28153759	0.81	2.953383827	10.76848893	
1.00	22.90	3.13113691	1	3.131136911	9.804018353	
Σ	5.50	581.88	42.47	3.85	19.61	166.38
No datos	11.00					
X pro	0.5					
Y Prom	3.8609088					
b	-1.47860231					
	4.60020996					
a	99.505					

4. Número de observaciones correctas requeridas para diferentes niveles de significación en una prueba triangular.

Número Total de Observaciones	Número de observaciones correctas		
	95:1	99:1	999:1
	(Nivel 5%)	(Nivel 1%)	(Nivel 0.1%)
7	5	6	7
8	6	7	8
9	6	7	8
10	7	8	9
11	7	8	9
12	8	9	10
13	8	9	10
14	9	10	11
15	9	10	12
16	10	11	12
17	10	11	13
18	10	12	13
19	11	12	14
20	11	13	14
21	12	13	15
24	13	14	16
25	13	15	17
27	14	16	18
30	16	17	19
35	18	19	21
40	20	22	24
45	22	24	26
50	24	26	28
60	28	30	33
70	32	34	37
80	35	38	41
90	39	42	45
100	43	46	49

Fuente: (Ureña 1999)