



UNIVERSIDAD DE GRANADA

PROGRAMA DE DOCTORADO EN NUTRICIÓN Y CIENCIAS DE LOS ALIMENTOS

**FACULTAD DE FARMACIA
DEPARTAMENTO DE NUTRICIÓN Y BROMATOLOGÍA**

TESIS DOCTORAL

**DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE ACRILAMIDA Y PRECURSORES EN ALIMENTOS
COLOMBIANOS TRADICIONALES. PATRONES DE CONSUMO Y CARACTERIZACIÓN DE SU
INGESTA.**

AUTOR

SONIA LILIANA PERTUZ CRUZ

DIRECTORES

**Dra. BELÉN GARCÍA – VILLANOVA RUIZ
Dr. EDUARDO JESÚS GUERRA HERNÁNDEZ**

Mayo, 2022

Editor: Universidad de Granada. Tesis Doctorales
Autor: Sonia Liliana Pertuz Cruz
ISBN: 978-84-1117-419-0
URI: <http://hdl.handle.net/10481/75945>

FINANCIACIÓN

La Fundación Carolina, en convenio con la Universidad Nacional de Colombia, otorgó la beca a la doctoranda para cubrir gastos relativos a importe de matrícula, pasajes, seguro médico y manutención por un periodo de tres años.

El grupo de investigación Alimentos, Nutrición y Salud (AGr₁₄₁), del departamento de Nutrición y Bromatología de la Universidad de Granada aportó los recursos que hicieron posible el procesamiento y análisis de las muestras de laboratorio que son referenciadas en esta tesis.

*A la memoria de mi padre,
César Augusto Pertuz Romero.*

“¡La mejor vida no es la más larga, sino la más rica en buenas acciones!

- Marie Curie-

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad de Granada por brindarme la posibilidad de formarme con uno de los más reconocidos equipos de investigadores y docentes en el Departamento de Nutrición y Bromatología, gracias a esta increíble casa de estudios en donde tuve la oportunidad de enriquecer mi formación integral con una gran oferta cultural y por la belleza de los distintos espacios de trabajo y esparcimiento. Gracias, claro está, a todos los colaboradores y al personal administrativo por facilitar las condiciones para el desarrollo de mis estudios.

A mis profesores, Dra. Belén García Villanova Ruiz y D. Eduardo Jesús Guerra Hernández, mis directores, por el tiempo dedicado, los conocimientos compartidos, la paciencia, acompañamiento permanente, apoyo y ejemplo de integridad, trabajo arduo y de calidad. Para ellos toda mi admiración, respeto y aprecio.

A la Dra. María Ester Molina Montes por los valiosos aportes y conceptos emitidos que enriquecieron de manera permanente la realización de este trabajo. Gracias por su apoyo incondicional.

Al grupo de investigación Alimentos, Nutrición y Salud (ANYS), por acogerme en sus procesos de investigación y enseñanza, por el apoyo financiero para que esta tesis fuera posible. A las Dras. María Dolores Ruíz López, Reyes Artacho Martín- Lagos, Celia Rodríguez Pérez y al Dr. Vito Verardo gracias por estar presentes siempre, su calidad humana y aportes académicos.

A la Fundación Carolina por las oportunidades ofrecidas a través de la beca que me permitió la realización de mi doctorado en este maravilloso país. Gracias por permitirme conocer la magia de Granada, entablar conversaciones con becarios en los encuentros periódicos y apoyar múltiples trámites.

A la Universidad Nacional de Colombia por facilitar las condiciones para la realización de este doctorado y por brindarme el tiempo y apoyo económico para la realización de este proyecto profesional que seguramente me permitirá continuar apoyando los procesos de formación de nutricionistas dietistas colombianos de alta calidad.

A FINUT por constituirse en un escenario por excelencia para la divulgación de investigación y formación de calidad en nutrición humana y brindarme la oportunidad de participar en todas sus actividades a lo largo de este periodo.

A mi familia, mi adorado hijo y amigos por ser mi soporte a pesar de la distancia.

A Raúl Alberto y Alejandro por tanto amor, inspiración, apoyo y motivación .

A Elizabeth, Carmen, Beatriz, María José, Jaime, Silvia, Manuela, Michela, David y Ángela por su amistad y compañerismo.

TABLA DE CONTENIDO

LISTA DE TABLAS.....	12
LISTA DE FIGURAS.....	21
LISTA DE ANEXOS	27
ABREVIATURAS.....	28
I. INTRODUCCIÓN	30
I.1 ALIMENTACIÓN EN COLOMBIA	30
I.1.1 Antecedentes	30
I.1.2 Regiones culturales y gastronómicas	31
I.1.3 Alimentos de la dieta colombiana.....	32
I.1.4 Matrices alimentarias de preparaciones culinarias colombianas, fuentes de acrilamida	35
I.1.5 Características de consumo, métodos de procesado y cocción.....	40
I.1.6 Vigilancia nutricional de la población colombiana.....	42
I.2 PATRONES DE CONSUMO	44
I.2.1 Conceptualización general	45
I.2.2 Metodologías para la evaluación de patrones dietéticos.....	46
I.2.3 Patrones de consumo en Colombia	47
I.3 ACRILAMIDA	49
I.3.1. Mecanismos de formación de acrilamida	49
I.3.2. Factores que favorecen la formación de acrilamida	52
I.3.3. Metabolismo y toxicidad	53
I.3.4. Presencia de acrilamida en alimentos.....	56
I.3.5. Metodología de determinación de AA.....	59
I.3.6 Alimentos de la dieta colombiana asociados con la formación de acrilamida	64
I.3.7 Métodos de cocción doméstica y efectos sobre la formación de acrilamida	71
I.3.8 Normatividad y regulaciones	75
I.3.9. Estrategias de mitigación	79
I.4. BIBLIOGRAFÍA	82
II. OBJETIVOS	92

III. 1. CAPÍTULO 1.....	93
III. 1. 1. METODOLOGÍA.....	93
A. ESCENARIO ENSIN 2015	93
B. ESCENARIO COVIDiet COLOMBIA.....	103
C. ESCENARIO POBLACIÓN UNIVERSITARIA COLOMBIANA	106
III. 1. 2. RESULTADOS.....	107
A. ESCENARIO ENSIN 2015	108
B. ESCENARIO COVIDiet COLOMBIA.....	119
C. ESCENARIO POBLACIÓN UNIVERSITARIA COLOMBIANA	139
III. 1. 3. DISCUSIÓN	149
A. ESCENARIO ENSIN 2015	149
B. ESCENARIO COVIDiet COLOMBIA.....	156
C. ESCENARIO: POBLACIÓN UNIVERSITARIA COLOMBIANA	161
III. 1.4 CONCLUSIONES	164
III. 1.5 BIBLIOGRAFÍA	165
III. 2. CAPÍTULO 2.....	182
III. 2.1. METODOLOGÍA.....	182
III. 2.2. RESULTADOS	185
III. 2.3 DISCUSIÓN	197
III. 2.4 CONCLUSIONES	199
III.2.5 BIBLIOGRAFÍA	200
III.3. CAPÍTULO 3.....	201
III.3.1. MATERIALES Y MÉTODOS.....	201
III.3.1.1. Muestras seleccionadas	201
III.3.1.2. Métodos de procesamiento de las muestras.....	204
III.3.1.3. Determinaciones analíticas	209
III.3.1.3.1 Determinaciones analíticas en materias primas	209
III.3.1.3.1.1 Determinación del contenido de humedad	209
III.3.1.3.1.2. Determinación del contenido de asparagina	210
III.3.1.3.1.3. Método de determinación de azúcares reductores (Adaptación del método ISO 5377:1981 método de Lane and Eynon).....	213
III.3.1.3.1.4. Determinación de pH	215
III.3.1.3.2. Determinaciones analíticas en preparaciones	216

III.3.1.3.2.1. Determinación de acrilamida.....	216
III.3.1.3.2.2. Azúcares reductores.....	219
III.3.1.3.2.3. Determinación de aminoácidos totales	220
III.3.1.3.2.4. Determinación de absorbancia 284 y 420 nm	221
III.3.1.3.2.5. Determinaciones complementarias.....	222
III.3.1.4. Análisis estadístico	223
III.3.2. RESULTADOS	224
III.3.2.1. Determinaciones realizadas en materias primas	224
III.3.2.2. Determinaciones realizadas en platos elaborados	225
III.3.2.2.1. Determinación del contenido de humedad y porcentaje de grasa.....	225
III.3.2.2.2. Determinación del contenido de acrilamida y precursores.....	229
III.3.2.2.3. Determinación de la absorbancia a 284 nm y 420 nm	235
III.3.2.2.4. Valores medios de acrilamida y precursores entre tratamientos.....	240
III.3.2.3. Determinaciones realizadas en muestras comerciales	244
III.3.3. DISCUSIÓN.....	245
III.3.3.1. Coeficientes de variación entre tratamientos semejantes	245
III.3.3.2. Estudio en patatas.....	245
III.3.3.3. Estudio en plátanos	255
III.3.3.3.1. Estudio en plátanos fritos	256
III.3.3.3.2. Estudio en plátanos horneados.....	262
III.3.3.4. Estudio en yuca	263
III.3.3.4.1. Estudio en yuca frita.....	263
III.3.3.4.2. Estudio en pan de yuca	266
III.3.3.5. Estudio en Arepa de maíz.....	266
III.3.3.5.1. Estudio en Arepa de maíz frita	266
III.3.3.5.2. Estudio en Arepa de maíz asada	268
III.3.3.6. Estudio en muestras de harina de trigo	269
III.3.3.6.1. Arepuelas de trigo	269
III.3.3.6.2. Churros fritos.....	272
III.3.3.7. Estudio en croquetas de arroz	272
III.3.3.8. Estudio en productos comerciales	274
III.3.3.9. Consumo de acrilamida y riesgo toxicológico	274
III.3.3.9.1.-Conjunto de la población	274

III.3.3.9.2.-Ingesta de acrilamida solo consumidores.....	301
III.3.3.9.3.-Ingesta de acrilamida por regiones.....	308
II.3.4. CONCLUSIONES	313
III.3.5. BIBLIOGRAFIA.....	314
II.3.4. CONCLUSIONES	317
III.3.5. BIBLIOGRAFIA.....	319
III. 4 CAPÍTULO 4.....	323
III.4.1. METODOLOGÍA.....	323
III.4.2. RESULTADOS	328
III.4.3 DISCUSIÓN.....	337
III.4.4 CONCLUSIONES	341
III.4.5 BIBLIOGRAFÍA.....	342
III. 5. CAPITULO 5.....	344
CONSUMO Y FUENTES DE INGESTA DE AZÚCAR Y PANELA EN POBLACIÓN MENOR DE 36 MESES (Objetivo 5).....	344
III. 5.1. METODOLOGIA.....	344
III. 5. 2. RESULTADOS.....	348
III. 5. 3. DISCUSIÓN	356
III. 5. 4. CONCLUSIONES	361
III. 5. 5. BIBLIOGRAFÍA	362
CONCLUSIONES SELECCIONADAS	365
ANEXOS	367
RESUMEN	399

LISTA DE TABLAS

TABLA	PÁGINA
Tablas Introducción	
Tabla 1. Características de las regiones culturales de Colombia y eventos históricos relacionados con su tradición culinaria.	33
Tabla 2. Niveles de acrilamida reportados en la literatura para diferentes categorías y/o alimentos	58
Tabla 3. Determinación de AA en alimentos y/o preparaciones tradicionales de diferentes países	60
Tabla 4. Composición proximal de materias primas colombianas de uso frecuente.	64
Tabla 5. Niveles de referencia para detectar la presencia de acrilamida en los productos alimenticios	75
Tabla 6. Herramientas disponibles para el seguimiento de los niveles de acrilamida en alimentos.	78
Tablas Capítulo 1	
Tabla 1.1. Categorías de alimentos utilizadas para la clasificación de los alimentos consumidos.	96
Tabla 1.2. Técnicas culinarias de procesamiento de alimentos.	100
Tabla 1.3. Categorización de las preparaciones posiblemente asociadas con acrilamida .	102
Tabla 1.4. Características sociodemográficas de población adulta colombiana con 2R24H, ENSIN 2015.	109
Tabla 1.5. Grupos de alimentos consumidos (C) y no consumidos (NC) por la población adulta (2R24H). ENSIN 2015.	110
Tabla 1.6. Matriz de carga factorial para patrones dietéticos en población adulta colombiana (2R24h). N = 1.464 individuos.	111

TABLA	PÁGINA
Tabla 1.7. Matriz binaria de carga factorial para patrones dietéticos en población adulta colombiana (2R24H). N = 1.464 individuos.	112
Tabla 1.8. Matriz de carga factorial para patrones de tratamiento culinario en población total colombiana (1R24H). N = 34.122 individuos.	114
Tabla 1.9. Matriz de carga factorial para patrones de tratamiento culinario en población colombiana (1R24H), consumidores de preparaciones caseras. (N = 26.468 individuos).	115
Tabla 1.10 Patrones de tratamiento culinario de la población adulta colombiana (2R24h). ENSIN, 2015. N=1.464 individuos.	116
Tabla 1.11. Tipos de Preparaciones caseras más consumidas en las diferentes regiones del país elaboradas a partir de los grupos de alimentos, ENSIN, 2015.	117
Tabla 1.12. Identificación de alimentos, ingredientes y preparaciones caseras colombianas a partir de categorías de alimentos asociadas con presencia de AA propuestas por EFSA, 2015.	118
Tabla 1.13. Características sociodemográficas de la población colombiana participante del estudio COVIDiet por regiones.	120
Tabla 1.14. Grupos de alimentos consumidos (C) y no consumidos (NC) por los encuestados de dieta-COVID-19 en Colombia por regiones.	121
Tabla 1.15. Comportamientos alimentarios de los encuestados COVIDiet Colombia según regiones.	122
Tabla 1.16. Comportamientos alimentarios de los encuestados COVIDiet en Colombia por regiones según el proceso culinario aplicado.	124
Table 1.17. Consumo de frituras en población colombiana (%).	125
Tabla 1.18. Consumo de los principales grupos de alimentos durante el confinamiento en raciones por día o por semana según regiones.	127
Tabla 1.19. Cargas factoriales para los patrones derivados entre los encuestados de dieta-COVID-19 en Colombia, antes y durante el confinamiento.	136
Tabla 1.20. Diferencias en las puntuaciones de adherencia a los patrones alimentarios por regiones.	137

TABLA	PÁGINA
Tabla 1.21. Cargas factoriales para los principales alimentos que denotan patrones dietéticos por tratamientos culinarios en una población adulta colombiana.	138
Tabla 1.22. Características sociodemográficas de una población universitaria de estudio.	139
Tabla 1.23. Grupos de alimentos consumidos (C) y no consumidos (NC) por la población universitaria.	140
Tabla 1.24. Grupos de alimentos consumidos (C) y no consumidos (NC) por la población universitaria según comidas.	141
Tabla 1.25. Tipos de preparaciones de los grupos de alimentos consumidos.	142
Tabla 1.26. Consumo medio de raciones/día de los diferentes grupos reportados por el grupo de Universitarios.	144
Tabla 1.27. Consumo medio de raciones/día de los diferentes tipos de tratamientos culinarios y productos comerciales reportados por una población de Universitarios.	145
Tabla 1.28. Matriz de carga factorial para patrones dietéticos en población adulta universitaria N = 53 individuos.	146
Tabla 1.29. Matriz de carga factorial para patrones de tratamiento culinario en población universitaria adulta colombiana. N = 53 individuos.	148
Tablas Capítulo 2	
Tabla 2. 1. Número de preparaciones tradicionales colombiana	186
Tabla 2.2. Materias primas utilizadas en preparaciones tradicionales de Colombia	187
Tabla 2.3. Porcentaje de preparaciones tradicionales con y sin tratamiento térmico.	189
Tabla 2.4. Materias primas utilizadas como ingredientes principales en preparaciones tradicionales de Colombia.	189
Tabla 2.5. Preparaciones identificadas con potencial riesgo de generación de acrilamida durante su elaboración.	190

TABLA	PÁGINA
Tabla 2.6. Presencia de factores asociados a acrilamida en preparaciones tradicionales colombianas.	191
Tablas Capítulo 3	
Tabla 3.1. Métodos de preparación y procesado de las <u>frituras</u> tradicionales.	206
Tabla 3.2. Métodos de preparación y procesado <u>asados</u> tradicionales.	208
Tabla 3.3. Métodos de preparación y procesado <u>horneados</u> tradicionales.	209
Tabla 3.4. Rampa de elución de acrilamida	217
Tabla 3.5. Transiciones de [¹³ C ₃]-acrilamida y acrilamida	218
Tabla 3.6. Contenido de humedad, asparagina, azúcares reductores y pH de materias primas utilizadas en la elaboración de preparaciones tradicionales colombianas.	224
Tabla 3.7. Modificaciones de peso durante la fritura y porcentaje de humedad y grasa.	225
Tabla 3.8. Modificaciones de peso durante el proceso de asado y horneado de productos tradicionales colombianos y porcentaje de humedad.	228
Tabla 3.9. Contenido medio de acrilamida, azúcares reductores y aminoácidos totales libres en patatas sometidas a procesos culinarios diferentes con tres niveles de intensidad.	229
Tabla 3.10. Contenido medio de acrilamida, azúcares reductores y aminoácidos totales libres en plátanos sometidos a procesos culinarios diferentes con tres niveles de intensidad.	230
Tabla 3.11. Contenido medio de acrilamida, azúcares reductores y aminoácidos totales libres en yuca sometidas a procesos culinarios diferentes con tres niveles de intensidad.	231
Tabla 3.12. Contenido medio de acrilamida, azúcares reductores y aminoácidos totales libres en arepas de maíz sometidas a procesos culinarios diferentes con tres niveles de intensidad.	231
Tabla 3.13. Contenido medio de acrilamida, azúcares reductores y aminoácidos totales libres en arepuelas de trigo, churros y croquetas de arroz fritos con diferentes niveles de intensidad.	232

TABLA	PÁGINA
Tabla 3.14. Valores de absorbancia a 284 nm y 420 nm en patatas sometidas a procesos culinarios diferentes con tres niveles de intensidad.	235
Tabla 3.15. Valores de absorbancia a 284 nm y 420 nm en plátanos sometidos a procesos culinarios diferentes con tres niveles de intensidad.	236
Tabla 3.16. Valores de absorbancia a 284 nm y 420 nm en yucas sometidas a procesos culinarios diferentes con tres niveles de intensidad.	237
Tabla 3.17. Valores de absorbancia a 284 nm y 420 nm en arepas de maíz sometidas a procesos culinarios diferentes con tres niveles de intensidad.	238
Tabla 3.18. Valores de absorbancia a 284 nm y 420 nm en arepuelas de trigo, churros y croquetas de arroz fritos con diferente nivel de intensidad.	239
Tabla 3.19. Niveles de acrilamida, azúcares reductores y aminoácidos totales libres en patatas sometidas a tres intensidades de tratamiento	241
Tabla 3.20. Niveles de acrilamida, azúcares reductores y aminoácidos totales libres en plátanos sometidas a tres intensidades de tratamiento.	242
Tabla 3.21. Niveles de acrilamida, azúcares reductores y aminoácidos totales libres en preparaciones de yuca o almidón de yuca sometidas a tres intensidades de tratamiento.	242
Tabla 3.22. Niveles de acrilamida, azúcares reductores y aminoácidos totales libres en preparaciones elaboradas con harina de maíz o mazorca sometidas a tres intensidades de tratamiento.	243
Tabla 3.23. Niveles de acrilamida, azúcares reductores y aminoácidos totales libres en preparaciones elaboradas con harina de trigo o arroz sometidas a tres intensidades de tratamiento	243
Tabla 3.24. Contenido medio de acrilamida en productos comerciales colombianos y preparaciones elaboradas.	244
Tabla 3.25. Media, mediana, valor máximo y mínimo de los coeficientes de variación (%) entre tratamientos.	245
Tabla 3.26.- Diferencias estadísticas entre intensidades de tratamiento (baja, media, alta) ($p < 0,05$).	247
Tabla 3.27. Correlaciones de acrilamida con otros parámetros.	250
Tabla 3.28.- Correlaciones de diferentes análisis en patatas sabaneras y (pre-fritas congeladas) fritas a diferente tiempo	252

TABLA	PÁGINA
Tabla 3.29.- Correlaciones de diferentes análisis en patatas criollas fritas (PCF) y precocidas fritas (PCD) a diferente tiempo.	254
Tabla 3.30.- Correlaciones de diferentes análisis en plátanos inmaduros monedas fritos a diferente	260
Tabla 3.31.- Correlaciones de diferentes análisis en plátanos inmaduros patacones a diferente tiempo .	260
Tabla 3.32.- Correlaciones de diferentes análisis en plátanos monedas maduros a diferente tiempo	260
Tabla 3.33.- Correlaciones de diferentes análisis en plátanos patacones maduros a diferente tiempo	260
Tabla 3.34.- Correlaciones de diferentes análisis en plátanos maduros horneados a diferente tiempo.	263
Tabla 3.35.- Correlaciones de diferentes análisis en yuca frita a diferente tiempo.	365
Tabla 3.36.- Correlaciones de diferentes análisis en arepuelas de trigo frita a diferente tiempo.	270
Tabla 3.37- Consumo de alimentos en la población colombiana (g/persona/día) según ENSIN (2015).	275
Tabla 3.38.- Consumo de alimentos en la población colombiana (g/persona/día) según ENSIN (2015) y cálculos realizados en la base de datos.	275
Tabla 3.39- Ingesta de acrilamida ($\mu\text{g}/\text{día}$) según encuesta ENSIN (2015) y cálculos realizados en la base de datos a nivel de intensidad culinaria baja.	276
Tabla 3.40.- Ingesta de acrilamida ($\mu\text{g}/\text{día}$) según encuesta ENSIN (2015) y cálculos realizados en la base de datos a nivel de intensidad culinaria media.	277
Tabla 3.41.- Ingesta de acrilamida ($\mu\text{g}/\text{día}$) según encuesta ENSIN (2015) y cálculos realizados en la base de datos a nivel de intensidad culinaria alta.	278
Tabla 3.42.- Peso medio población ENSIN (2015).	278
TABLA 3.43.- Peso medios utilizadas para calcular el MOE de la población colombiana.	279
Tabla 3.44.- MOE para efectos neoplásicos considerando los datos de ENSIN (2015) y cálculos realizados en la base de datos considerando alimentos en paquete como snacks de patatas fritas	280

TABLA	PÁGINA
Tabla 3.45.- MOE para efectos neurotóxicos considerando los datos de ENSIN (2015) y cálculos realizados en la base de datos considerando alimentos en paquete como snacks de patatas fritas.	280
Tabla 3.46.- MOE para efectos neoplásicos considerando los datos de ENSIN (2015) y cálculos realizados en la base de datos considerando alimentos en paquete como moneditas de maduro.	280
Tabla 3.47.- MOE para efectos neurotóxicos considerando los datos de ENSIN (2015) y cálculos realizados en la base de datos considerando alimentos en paquete como moneditas de maduro.	281
Tabla 3.48.- Ingesta de acrilamida en microgramos/kg/día según grupos de edad y para el género masculino a intensidad de tratamiento culinario bajo.	282
Tabla 3.49.- Ingesta de acrilamida en microgramos/kg/día según grupos de edad y para el género masculino a intensidad de tratamiento culinario intermedio.	283
Tabla 3.50.- Ingesta de acrilamida en microgramos/kg/día según grupos de edad y para el género masculino a intensidad de tratamiento culinario alto.	283
Tabla 3.51.- Ingesta de acrilamida en microgramos/kg/día según grupos de edad y para el género femenino a intensidad de tratamiento culinario bajo.	284
Tabla 3.52.- Ingesta de acrilamida en microgramos/kg/día según grupos de edad y para el género femenino a intensidad de tratamiento culinario intermedio.	285
Tabla 3.53.- Ingesta de acrilamida en microgramos/kg/día según grupos de edad y para el género femenino a intensidad de tratamiento culinario alto.	285
Tabla 3.54. Ingesta de acrilamida en microgramos/kg/día considerando o no el consumo de panela y porcentaje de reducción.	293
Tabla 3.55.- MOE para efectos neoplásicos considerando los datos de ENSIN (2015) y cálculos realizados en la base de datos considerando alimentos en paquete como snacks de patatas fritas y excluyendo el consumo de panela.	299
Tabla 3.56.- MOE para efectos neurotóxicos considerando los datos de ENSIN (2015) y cálculos realizados en la base de datos considerando alimentos en paquete como snacks de patatas fritas y excluyendo el consumo de panela.	299
Tabla 3.57.- MOE para efectos neoplásicos considerando los datos de ENSIN (2015) y cálculos realizados en la base de datos considerando alimentos en paquete como moneditas de maduro y excluyendo el consumo de panela.	299

TABLA	PÁGINA
Tabla 3.58.- MOE para efectos neurotóxicos considerando los datos de ENSIN (2015) y cálculos realizados en la base de datos considerando alimentos en paquete como moneditas de maduro fritas y excluyendo el consumo de panela.	300
Tabla 3.59.- Ingesta de acrilamida en microgramos/kg/día por alimentos para población consumidora a tres niveles de intensidad de tratamiento culinario y según grupos de edad.	301
Tabla 3.60.- Ingesta de acrilamida en microgramos/kg/día para población consumidora a tres niveles de intensidad de tratamiento culinario y según grupos de edad.	303
Tabla 3.61.- Porcentaje del total de la ingesta de acrilamida y lugar que ocupa para niños consumidores de 1-4 años*.	304
Tabla 3.62.- Porcentaje del total de la ingesta de acrilamida y lugar que ocupa para niños consumidores de 5 a 12 años*.	305
Tabla 3.63.- Porcentaje del total de la ingesta de acrilamida y lugar que ocupa para adolescentes consumidores de 13 a 17 años*.	306
Tabla 3.64.- Porcentaje del total de la ingesta de acrilamida y lugar que ocupa para adultos consumidores de 18 a 65 años*.	307
Tabla 3.65.- Ingesta de acrilamida ($\mu\text{g}/\text{kg}/\text{día}$) y valores MOE para el conjunto de sujetos de las diferentes regiones y los obtenidos según sexo.	308
Tabla 3.66.- Ingesta de acrilamida ($\mu\text{g}/\text{kg}/\text{día}$) y valores MOE para los sujetos de las diferentes regiones.	309
Tabla 3.67. Ingesta de acrilamida ($\mu\text{g}/\text{kg}/\text{día}$) y valores MOE para el conjunto de sujetos de las diferentes regiones y los obtenidos según sexo sin considerar el consumo de panela.	310
Tabla 3.68.- Ingesta de acrilamida ($\mu\text{g}/\text{kg}/\text{día}$) y valores MOE para los sujetos de las diferentes regiones sin considerar el consumo de panela.	311
Tabla 3.69.- Ingesta de acrilamida y riesgo toxicológico de menús típicos de regiones colombianas.	312
Tablas Capítulo 4	
Tabla 4.1. Concentraciones de Acrilamida, reportadas en la literatura, en muestras de panela colombiana.	326
Tabla 4.2. Población colombiana menor de tres años consumidores y no consumidores de panela.	328

TABLA	PÁGINA
Tabla 4.3. Características sociodemográficas de la población total estudiada menor de 36 meses (consumidores y no consumidores de panela).	329
Tabla 4.4. Características sociodemográficas de la población colombiana menor de 3 años, consumidora de panela.	330
Tabla 4.5. Características sociodemográficas de población colombiana menor de 36 meses, no consumidora de panela.	331
Tabla 4.6. Consumo de panela (g/día) por niños menores de 3 años.	332
Tabla 4.7. Cantidad de panela (expresada en gramos) ingerida por población consumidora de panela por preparación y según grupo de edad.	334
Tabla 4.8. Cantidad de panela (expresada en gramos) ingerida por los niños consumidores de cada tipo de preparación según grupos de edad.	335
Tabla 4.9. Estimación de la contribución de la ingesta media de panela al Margen de Exposición Dietética, MOE (BMD L ₁₀ =0,17 mg/Kg peso/día) ¹ según grupos de edad en población total menor de 36 meses.	337
Tablas Capítulo 5	
Tabla 5.1. Población colombiana consumidora y no consumidora de panela y azúcar.	349
Tabla 5.2. Porcentaje de consumidores de panela, azúcar o azúcares añadidos y no consumidores para cada grupo de edad.	349
Tabla 5.3. Características sociodemográficas de la población total menor de 36 meses (consumidores y no consumidores de panela y azúcar).	350
Tabla 5.4. Consumo medio (g/día±DE) de panela y azúcar de toda la población o de solo los consumidores en niños menores de 36 meses.	351
Tabla 5.5. Contribución del tipo de preparaciones (<i>n.</i> ^o y %) con panela o azúcar añadido al consumo de azúcares en población colombiana menor de 36 meses.	352

LISTA DE FIGURAS

TABLA	PÁGINA
FIGURAS DE INTRODUCCION	
Figura 1. Icono representativo de las guías alimentarias para la población colombiana.	42
Figura 2. Esquema general clásico de la Reacción de Maillard.	51
Figura 3. Vías para la formación de AA en los alimentos. (A) Vía principal de formación de AA. (B) Vía de formación de AA menor.	52
Figura 4. Fases metabólicas de la Acrilamida.	54
Figura 5 formación de AA en alimentos.	57
Figuras Capitulo 1	
Figura 1.1 Caracterización del patrón de consumo de alimentos en Colombia a partir de la base R24H, ENSIN 2015.	98
Figura 1.2. Proceso de identificación de las preparaciones elaboradas en el hogar asociadas con acrilamida.	101
Figura 1.3. Gráfico radial de patrones dietéticos en población adulta colombiana (2R24H). N = 1.464 individuos.	111
Figura 1.4. Gráfico radial de patrones dietéticos en población adulta colombiana (2R24h) obtenidos por el método binario. N = 1.464 individuos.	113
Figura 1.5. Gráfico radial de patrones de tratamientos culinarios de toda la población colombiana (1R24H). (N=34.122 individuos).	114
Figura 1.6. Gráfico radial de patrones de tratamientos culinarios de toda la población adulta colombiana (2R24h). (N=26.468 individuos).	115
Figura 1.7. Gráfico radial de patrones de tratamientos culinarios de toda la población adulta colombiana (2R24h). (N=1464 individuos).	116
Figura 1.8. Consumo de los principales grupos de alimentos (expresado en raciones/día o raciones/semana) antes y durante el confinamiento.	126
Figura 1.9. Variación (expresada en porcentaje de personas) del consumo por regiones de los principales grupos de alimentos durante el confinamiento, respecto a la ingesta dietética previa.	133

TABLA	PÁGINA
Figura 1.10. Gráfico radial con patrones alimentos derivados del Análisis de Componentes Principales (ACP), antes del confinamiento entre los encuestados del estudio COVIDiet Colombia.	134
Figura 1.11. Gráfico radial con patrones alimentos derivados del Análisis de Componentes Principales (ACP), durante el confinamiento entre los encuestados del estudio COVIDiet Colombia.	135
Figura 1.12. Patrones de tratamientos culinarios en una población adulta colombiana.	138
Figura 1.13. Gráfico radial con grupos de alimentos de la dieta de un grupo de universitarios del programa de Nutrición y Dietética de Colombia (53).	147
Figura 1.14. Gráfico radial con técnicas culinarias de la dieta de un grupo de universitarios del programa de Nutrición y Dietética de Colombia (53).	148
Figura 2.1. Estructura de la base de datos de las preparaciones tradicionales elaboradas en Colombia.	183
Figura 2.2. Distribución porcentual de los tipos de preparaciones según región.	186
Figura 2.3. Distribución porcentual de los tratamientos culinarios de las preparaciones según región.	188
Figura 2.4. Preparaciones y productos obtenidos al procesar una materia prima cruda a nivel casero o industrial.	192
Figura 2.5. Clasificación de las preparaciones tradicionales en Colombia por regiones según materia prima principal.	193
Figura 2.6. Menús de preparaciones tradicionales por regiones.	196
Figuras Capítulo 3	
Figura 3.1. Recta de calibración de acrilamida para muestras de cereales.	218
Figura 3.2. Contenido medio de acrilamida ($\mu\text{g}/\text{kg}$) de todas las preparaciones culinarias analizadas.	233
Figura 3.3. Contenido medio de acrilamida ($\mu\text{g}/\text{kg}$ peso fresco) en preparaciones tradicionales colombianas según método de cocinado.	234
Figura 3.4. Niveles medios de acrilamida ($\mu\text{g}/\text{kg}$) en preparaciones sometidas a diferentes niveles de tratamientos.	334

TABLA	PÁGINA
Figura 3.5. Valores de absorbancia medios en preparaciones tradicionales colombianas según el método de cocinado.	240
Figura 3.6. Valores de absorbancia medios en preparaciones tradicionales colombianas según intensidad de tratamiento.	240
Figura 3.7.- Contenido de acrilamida en patata sabanera frita según intensidad de tratamiento.	248
Figura 3.8.- Contenido de acrilamida en patata pastusa frita según intensidad de tratamiento.	248
Figura 3.9.- Absorbancia a 284 nm en patata sabanera según intensidad de tratamiento.	249
Figura 3.10.- Relación entre acrilamida y aminoácidos totales en patata sabanera según intensidad de tratamiento.	251
Figura 3.11. Contenido de acrilamida en patata criolla frita según intensidad de tratamiento.	253
Figura 3.12.- Contenido de acrilamida en plátano maduro patacón según intensidad de tratamiento.	255
Figura 3.13. -Contenido de acrilamida en plátano verde tipo monedas según intensidad de tratamiento.	256
Figura 3.14.- Contenido de acrilamida en plátano verde tipo patacón según intensidad de tratamiento.	256
Figura 3.15. Correlación entre acrilamida y tiempo de fritura en plátanos verdes tipo monedas.	257
Figura 3.16. Correlación entre acrilamida y tiempo de fritura en plátanos verdes tipo patacones.	257
Figura 3.17.- Absorbancia a 284 nm en plátano inmaduro tipo monedas según intensidad de tratamiento.	259
Figura 3.18.- Contenido de azúcares reductores (%) en plátanos inmaduros monedas según intensidad de tratamiento.	261
Figura 3.19.- Contenido de acrilamida en yuca frita según intensidad de tratamiento.	264
Figura 3.20.- Contenido de acrilamida en arepa de maíz amarillo frito según intensidad de tratamiento.	267

TABLA	PÁGINA
Figura 3.21.- Contenido de acrilamida en arepuela de trigo frita según intensidad de tratamiento.	269
Figura 3.22.- Contenido de acrilamida en croquetas fritas según intensidad de tratamiento.	273
Figura 3.23.- Contribución de los alimentos procesados con bajo tratamiento térmico a la ingesta de acrilamida en niños/as de 1-4 años considerando los alimentos de paquete como patatas fritas snacks.	287
Figura 3.24.- Contribución de los alimentos procesados con alto tratamiento térmico a la ingesta de acrilamida en niños/as de 1-4 años considerando los alimentos de paquete como patatas fritas snacks.	288
Figura 3.25.- Contribución de los alimentos procesados con bajo tratamiento térmico a la ingesta de acrilamida en adultos considerando los alimentos de paquete como patatas fritas snacks.	288
Figura 3.26.- Contribución de los alimentos procesados con alto tratamiento térmico a la ingesta de acrilamida en adultos considerando los alimentos de paquete como patatas fritas snacks.	289
Figura 3.27.- Contribución de los alimentos procesados con bajo tratamiento térmico a la ingesta de acrilamida en niños/as de 1-4 años considerando los alimentos de paquete como moneditas de maduro.	290
Figura 3.28.- Contribución de los alimentos procesados con alto tratamiento térmico a la ingesta de acrilamida en niños/as de 1-4 años considerando los alimentos de paquete como moneditas de maduro.	290
Figura 3.29.- Contribución de los alimentos procesados con bajo tratamiento térmico a la ingesta de acrilamida en adultos considerando los alimentos de paquete como moneditas de maduro.	291
Figura 3.30.-- Contribución de los alimentos procesados con alto tratamiento térmico a la ingesta de acrilamida en adultos considerando los alimentos de paquete como moneditas de maduro.	291
Figura 3.31.- Contribución de los alimentos procesados con bajo tratamiento térmico a la ingesta de acrilamida en niños/as de 1-4 años, considerando los alimentos de paquete como patatas fritas snacks y eliminando la panela.	294
Figura 3.32.- Contribución de los alimentos procesados con alto tratamiento térmico a la ingesta de acrilamida en niños/as de 1-4 años, considerando los alimentos de paquete como patatas fritas snacks y eliminando la panela.	295

TABLA	PÁGINA
Figura 3.33.- Contribución de los alimentos procesados con bajo tratamiento térmico a la ingesta de acrilamida en adultos, considerando los alimentos de paquete como patatas fritas snacks y eliminando la panela.	295
Figura 3.34.- Contribución de los alimentos procesados con alto tratamiento térmico a la ingesta de acrilamida en adultos, considerando los alimentos de paquete como patatas fritas snacks y eliminando la panela.	296
Figura 3.35.- Contribución de los alimentos procesados con bajo tratamiento térmico a la ingesta de acrilamida en niños/as de 1-4 años considerando los alimentos de paquete como moneditas de maduro y eliminando la panela.	296
Figura 3.36.- Contribución de los alimentos procesados con alto tratamiento térmico a la ingesta de acrilamida en niños/as de 1-4 años considerando los alimentos de paquete como moneditas de maduro y eliminando la panela.	297
Figura 3.37.- Contribución de los alimentos procesados con bajo tratamiento térmico a la ingesta de acrilamida en adultos considerando los alimentos de paquete como moneditas de maduro y eliminando la panela.	297
Figura 3.38.-- Contribución de los alimentos procesados con alto tratamiento térmico a la ingesta de acrilamida en adultos considerando los alimentos de paquete como moneditas de maduro y eliminando la panela.	298
Figuras Capítulo 4	
Figura 4.1. Criterios de selección de la población y exclusión de individuos del estudio.	324
Figura 4.2. Cantidad media (g) de panela utilizada como ingrediente de bebidas y preparaciones en población colombiana menor de 36 meses.	333
Figura 4.3. Porcentaje de preparaciones con panela (registros) recogidos en la encuesta ENSIN 2015 para la población colombiana menor de 36 meses.	333
Figura 4.4. Exposición dietética de AA por consumo de panela en población total (según percentil de ingesta).	336
Figura 4.5. Exposición dietética de AA en población consumidora de panela (según percentil de ingesta) por grupos de edad.	336
Figuras Capítulo 5	
Figura 5.1. Diagrama de flujo. Criterios de selección y exclusión del estudio de una población colombiana menor de 0-35 meses.	346
Figura 5.2. Cantidad media de panela en gramos utilizada como ingrediente de bebidas y preparaciones en población colombiana menor de 36 meses.	353

TABLA	PÁGINA
Figura 5.3. Cantidad media de azúcar en gramos utilizada como ingrediente de bebidas y preparaciones en población colombiana menor de 36 meses.	354
Figura 5.4. Porcentaje de cubrimiento del requerimiento diario de energía de referencia aportada por la ingesta media de panela en población colombiana menor de 36 meses.	355
Figura 5.5. Porcentaje de cubrimiento del requerimiento diario de energía de referencia aportada por la ingesta media de azúcar en población colombiana menor de 36 meses.	355
Figura 5.6. Porcentaje de cubrimiento del requerimiento diario de energía de referencia aportada por la ingesta media de azúcares añadidos en población colombiana menor de 36 meses.	356

LISTA DE ANEXOS

	ANEXO	PÁGINA
Anexo 1.1		367
Encuesta sobre cambio en los hábitos alimentarios durante la cuarentena debida al COVID-19 en Colombia		
Anexo 1.2		380
Cuestionario de frecuencia de ingesta de alimentos fritos		
ANEXO 3.1		385
Características de las muestras procesadas (registro fotográfico)		
ANEXO 3.2		392
Procesamiento de las muestras (registro fotográfico)		
ANEXO 5.1		396
Características sociodemográficas de población consumidora de panela menor de 36 meses		
ANEXO 5.2		397
Características sociodemográficas de la población consumidora de azúcar menor de 36 meses		
ANEXO 5.3		398
Características sociodemográficas de población colombiana consumidora de panela y azúcar menor de 36 meses		

ABREVIATURAS

1R24h: Un recordatorio de 24 horas.

2R24h: Dos recordatorios de 24 horas

ACP: Análisis de Componentes Principales.

AGEs: Productos de Glicosilación Avanzada.

AHA: American Health Association.

AHEI: Índice Alternativo de Alimentación Saludable

ANOVA: Análisis de Varianza.

BMDL10: Límite mínimo de confianza para la dosis de referencia.

CFC: Cuestionario de Frecuencia de Consumo

DANE: Departamento Administrativo Nacional de Estadística de Colombia.

EFSA: Autoridad Europea de Seguridad Alimentaria

ESPGHAN: European Society for Paediatric Gastroenterology Hepatology and Nutrition.

IARC: Centro Internacional de Investigaciones sobre el Cáncer

IMC: Índice de Masa corporal

INVIMA: Instituto Nacional de Vigilancia e Medicamentos y Alimentos de Colombia.

MOE: Margen de exposición dietética

OMS: Organización Mundial de la Salud.

PD: Patrones Dietarios.

R24h: Recordatorio de 24 horas.

RM: Reacción de Maillard

SACN: Comité Asesor Científico sobre Nutrición del Reino Unido

I. INTRODUCCIÓN

I.1 ALIMENTACIÓN EN COLOMBIA

I.1.1 Antecedentes

Colombia es un país con una amplia diversidad ambiental y cultural. Su ubicación cercana al Ecuador y las distintas geografías que componen el territorio han propiciado que en él confluyan distintas tradiciones culturales y alimentarias, algunas de las cuales se han arraigado y otras tienden a desaparecer. La diversidad de climas, ambientes y situaciones históricas han dado lugar al surgimiento de regionalismos, en el marco de una sociedad principalmente mestiza, en donde se encuentran tradiciones milenarias del legado gastronómico aborígen amerindio, de la conquista hispánica, de la herencia africana y más recientemente de las migraciones provenientes de otras regiones de Europa y de distintos países del mundo (Ordoñez Caicedo, 2012).

Muchos de los alimentos tradicionales son de origen prehispánico, entre ellos la papa, el maíz, la yuca y el cacao; otros forman parte del intercambio colombino, entre los que se encuentran el arroz, plátano, trigo y café. Este último, puede servir de ejemplo de los tránsitos que hacen que un cultivo de origen africano termine, por efectos del descubrimiento y el intercambio colonial, en América, llegando al país en el siglo XVII de la mano de los jesuitas y volviéndose un cultivo fundamental de la agricultura, la estructura productiva y los hábitos de consumo nacionales desde mediados del siglo XIX hasta nuestros días (Palacios, 1983).

La disponibilidad de cultivos y productos, sumada a la variación regional se hace evidente en la composición de las comidas tradicionales, en diferentes zonas del país, moldeadas por factores como la oferta biológica, la diferencia altitudinal, que condiciona las tradiciones de las altas tierras frías y de las zonas bajas de tierra caliente, la cercanía o lejanía al mar o los grandes ríos, y por el origen de los pueblos que han habitado los territorios. De este modo, por ejemplo, en las zonas *costeras del pacífico* colombiano y en la región del Cauca y el Valle del Cauca, así como en algunas áreas del caribe colombiano, la tradición gastronómica y alimentaria tiene un marcado acento de la herencia africana, como ha sido ampliamente descrito por antropólogos e historiadores, incorporando formas de preparación como los fritos (Patiño Ossa, 2007). Por su parte, en el área de confluencia de la ciudad de *Bogotá*, capital del país, el denominado altiplano cundiboyacense, se mezclan tradiciones propias del legado gastronómico del pueblo Muisca, como los tubérculos de tierra fría y las mazorcas, y de la cocina de los colonizadores de origen Ibérico, como las variadas fuentes de proteína animal llegadas del viejo mundo o la introducción de los amasijos y pan a partir de la incorporación del trigo. En el eje cafetero y la *región antioqueña*, el variado gusto que mezcla las tradiciones prehispánicas que se han mantenido con el consumo de frijoles y de productos del maíz, en todas sus variedades, principalmente en preparaciones como las arepas.

En los llanos *orientales* y en las zonas de confluencia con Venezuela y la región oriental, se traslapan preparaciones propias de estos territorios, marcadas también por la presencia del maíz y la ganadería de los hatos llaneros, donde se resalta la preparación de los asados y el consumo de

hayacas y arepas. En la extensa región *amazónica* la presencia de comunidades indígenas y la importante presión colonizadora ha dado lugar al mantenimiento de patrones de producción y consumo de alimentos tradicionales caracterizada por pescados de río, animales de caza, cultivos de la huerta o chagra, hojas de palma y productos de intercambios entre grupos étnicos (Mora de Jaramillo, 2012; Andoque y Castro, 2012; Van Vliet *et al.*, 2015). El archipiélago de San Andrés y Providencia en el extremo norte del país, además de hacer parte de una tradición lingüística anglófona, refleja en términos alimentarios parte del legado africano y la asimilación de las distintas tradiciones que han arribado al caribe desde las épocas del colonialismo.

Las características propias de un país de regiones son en parte responsables de la construcción histórica de ambientes alimentarios diversos. Sin embargo, como lo demuestran estudios recientes (Parra, 2015; Quintero 2019; ICBF, 2015) los patrones alimentarios tienden a un proceso de homogenización, en el cual los imperativos de la economía de mercado, la transición demográfica, las transformaciones del mercado laboral han configurado un escenario propio de contextos de transición alimentaria y nutricional en el cual la industria alimentaria y los alimentos ultraprocesados empiezan a ocupar un lugar destacado en el abastecimiento y la generación de dinámicas de consumo de alimentos.

I.1.2 Regiones culturales y gastronómicas

Colombia es un país latinoamericano, con casi 50 millones de habitantes, que cuenta con un 86,80% de población mestiza, 9,37% de población Afrocolombiana, Raizal y Palenquera; 3,82% de población indígena y el 0,01% de población ROM o Gitana (DANE, 2018). El país ha configurado sus hábitos y costumbres alimentarias a partir de la convergencia de tradiciones culinarias indígenas, españolas y la influencia de emigrantes procedentes de África, Asia y Europa que llegaron en diferentes momentos de su historia. (Villegas *et al.*, 2006). Aunque en el país existe un patrón alimentario muy definido y homogéneo, existen diferencias regionales que obedecen a aspectos tales como la ubicación geográfica, la disponibilidad de alimentos producidos o importados y la coexistencia y/o predominio de etnias en cada zona geográfica. (Min cultura., 2013). De igual forma, los hechos históricos sucedidos, a partir del siglo XVI, han determinado, el uso de ingredientes específicos, las preparaciones y los procesos culinarios en cada una de las regiones.

Teniendo presente la mencionada diferenciación regional, se aduce comúnmente a una diferenciación de regiones, a saber: 1) Región Atlántica: ubicada en la zona norte del país y que concentra el 21,8% de la población. 2) Región Oriental: al oriente del país, con el 17,2% de la población. 3) Región Central: centro del país, concentra el 24,8% de la población. 4) Región Pacífica: en el oeste del país que incluye el 17,8% de la población. 5) Región Amazónico-Orinocense: con la más baja densidad poblacional (2,8% del total de la población del país) pero una amplia diversidad cultural y ambiental. Adicionalmente se incluye como región 6) a la ciudad de Bogotá, capital del país, y su área de influencia, que concentra el 21,8% de la población.

1.1.3 Alimentos de la dieta colombiana

El contexto geográfico, climático, social y agrícola colombiano da cuenta de una amplia diversidad frente a la variedad y disponibilidad de alimentos a lo largo del año, propia de un territorio ubicado en la franja ecuatorial del planeta. Esta situación hace que el país sea reconocido como un punto de referencia para el estudio de la diversidad agrícola en el mundo y lo ubica en una de las áreas de domesticación de alimentos milenarios como la papa (*Solanum tuberosum L.*) (Khoury *et al*, 2016). Por tanto, en Colombia existe una gran oferta de alimentos que han sido incorporados en la dieta de su población.

Los alimentos que se emplean en la elaboración de las preparaciones son variados y representan diferentes grupos de alimentos. Casi siempre en las preparaciones se encuentra uno o unos pocos que son esenciales o estructurales para que la preparación pueda acusar su origen, denominación y características. A ellos se les reconoce como ingredientes principales; los otros tienen como papel acompañar y aportar equilibrio a los principales.

Los alimentos son combinados y procesados para obtener los diferentes tipos de preparaciones. En general existe una mayor variabilidad de preparaciones como sopas, platos y aperitivos y principios que de bebidas y amasijos. En las regiones Pacífico y Oriental se presenta la mayor cantidad y variabilidad de preparaciones, posiblemente porque están integradas por departamentos con gran variabilidad ecosistémica y climática. Por el contrario, Bogotá sobresale por tener una menor cantidad de preparaciones típicas quizás porque a través de la historia ha adaptado las preparaciones procedentes de emigrantes de otras ciudades del país.

A partir de cereales como maíz, arroz, trigo; tubérculos como papa y achira; raíces como yuca, ñame y arracacha; plátanos; carnes de res, cerdo, pollo, cordero; pescados, leguminosas como frijol, lenteja y garbanzo; verduras y hortalizas, frutas; café, cacao y panela se elaboran bebidas, sopas, platos, aperitivos y principios, amasijos y postres. En cuanto a los métodos de preparación: en sopas, bebidas y dulces predomina el hervido, en tanto que en amasijos prevalecen el horneado y la fritura. Para platos, aperitivos y principios, aunque predominan los hervidos también se encuentran asados, horneados y frituras.

Las frituras corresponden a un método de preparación frecuente en el país. Se remontan al siglo XVIII cuando esclavos africanos aplicaron su conocimiento en la extracción del aceite de vegetales, principalmente aceite de palma y lo empezaron a utilizar como sustituto parcial de la manteca de cerdo. Con este ingrediente lograron dar crocancia a carnes y masas. (Villegas *et al.*, 2006). Casi siempre la indicación referida en los recetarios tradicionales es: “agregar al aceite caliente y dejar hasta que comiencen a dorar, sin dejar quemar”. Esto supone la instrucción de hacer un proceso rápido, a altas temperaturas y generar un color moderado sin exceso. En algunas recetas se reportan temperaturas entre 170 °C a 190 °C y el uso de cacerolas o sartenes, con alta superficie de exposición, para su elaboración. En la tabla 1 se detallan, según regiones, los eventos históricos relacionados con las características de la alimentación y los procesos culinarios que se han utilizado tradicionalmente.

Tabla 1. Características de las regiones culturales de Colombia y eventos históricos relacionados con su tradición culinaria.

Región Atlántica, zona norte de Colombia.

Siglo XVI. Platos y preparaciones elaboradas con mezclas de alimentos nativos de indígenas (pescados y mariscos, frutas silvestres, yuca, maíz) y los traídos por españoles (gallinas, cerdos, ovejas, cabras, trigo, cebolla, vino, aceite de oliva, aceitunas).

Siglo XVII. Introducción de coco, piña, aguacate y aceite de palma por parte de esclavos africanos. Aparición de las frituras de amasijos como arepas y carimañolas.

Siglo XVIII. Migraciones árabes, italianas y alemanas introdujeron preparaciones de leguminosas como lenteja o garbanzo con cereales, conservas y productos horneados.

Procesos culinarios: hervidos y estofados, frituras y asados a la brasa y horneados.

Región Oriental, zona este de Colombia.

Siglo XVI. Predominio de sopas y cocidos, elaboradas con alimentos autóctonos indígenas (maíz, papa, frijol, cubios, ibias, arracacha) e ingredientes traídos por españoles (cebolla, ajo, avena y cebada).

Siglo XVII. Surgimiento de la cría de ganado lechero, producción de leche y queso que se usó como ingrediente de amasijos (almojábanas, garullas y bizcochos). En las zonas de llano, los asados de carne, yuca y plátanos a la brasa constituyeron la alimentación habitual de vaqueros.

Siglo XIX. Adaptación de los primeros cultivos de trigo, desarrollo de productos de panadería. Elaboración de dulces de guayaba endulzados con azúcar, miel o panela. Adopción de hábitos de Venezuela e inclusión de preparaciones como arepas rellenas, hallacas y callos con garbanzo.

Procesos culinarios: hervidos, asados a la brasa y horneados.

Región Central, centro del país.

Siglo XVI. Las preparaciones se elaboraban con maíz, plátano, yuca, achira o sagú y frijoles cultivados por indígenas nativos y se combinaron con el cerdo traído por los españoles o pescados de los ríos, cocidos en hojas de plátano o bijao.

Siglo XIX. Surgimiento de grandes fincas cafeteras. El hábito de consumir arepas con café, agua de panela o chocolate se consolidó. En fiestas populares se incluían platos como lechón relleno, tamales o masas de arroz, carnes y verduras cocidas en hojas y amasijos de achira y maíz elaborados en hojas de leña.

Siglo XX. Incremento en la producción de papas, un ingrediente base, de preparaciones típicas como mondongo o sopas típicas.

Procesos culinarios: hervido, estofado, horneado, asado.

Región Pacífica, Adyacente al Pacífico, en el Occidente de Colombia.

Siglo XVI. Los grupos indígenas mantuvieron sus hábitos alimentarios, basados en maíz, ñame, yuca y plátano, sobre la influencia hispánica. Los esclavos introdujeron la fritura como método de cocción característico de la comida Valle Cauca aplicada en la elaboración de apanados y aborrajados.

Siglo XVIII. Aparecen los primeros trapiches y rápidamente se desarrolla industria de la caña. La panela se combinó con frutas y harinas dando lugar a una gran variedad de dulces del Valle. En las selvas del Chocó se conservó la tradición africana de elaboración de camarones, langostinos, atunes y róbalo a la plancha. En Nariño, en el límite con Ecuador, predominó la comida indígena, cocidos con cuy y estofados con diversas variedades de papa.

Siglo XX. La región se convierte la principal sede de industrias de alimentos.

Procesos culinarios: hervido, estofado y fritura.

Región Orinoquía y Amazonía, Zona Suroriental de Colombia.

Siglo XVI. Predominio de la tradición culinaria indígena. Preparaciones elaboradas con alimentos nativos como yuca, calabaza, chontaduro, ají con pescados, reptiles como iguanas y tortugas.

Siglo XIX. En zonas selváticas el pescado ahumado acompañado con salsas, bebidas a base de maíz, frutas exóticas y palmas, endulzadas con panela son frecuentes.

Procesos culinarios: hervido, asado

Región Bogotá, Zona Sabana de Bogotá.

Siglo XVI. Preparaciones poco variadas elaboradas con alimentos indígenas (maíz, variedades de papa, algunas raíces, pescados, guayaba, ají, sal) y alimentos hispánicos como pollo y alcaparras. Predominio de sopas, caldos y bebidas calientes.

Siglo XVIII. La introducción de harina de trigo y la influencia francesa tras la independencia, favoreció el desarrollo de pastelería y amasijos acompañados con chocolate o café y queso.

Siglo XX. Al finalizar la segunda guerra mundial, migrantes judíos y europeos, promovieron el consumo de conservas, bizcochos y la fabricación y consumo de pasta.

Procesos culinarios: hervido y horneado

El cambio alimentario puede ser contextualizado desde la perspectiva de la salud y la enfermedad. Los procesos de adaptación a un nuevo estilo de vida han llevado a cambios en los patrones de consumo alimentario y actividad física, debidos a la falta de tiempo; los cuales han dado lugar a sobrepeso y obesidad, enfermedad cardiovascular, hipertensión, diabetes, cáncer y dislipidemias. El incremento de estas patologías se ha producido de forma acelerada en los pueblos de las zonas rurales, especialmente en la población infantil y juvenil en contraste con la población adulta y adulta mayor de las zonas agrícolas. La encuesta nacional de situación alimentaria y nutricional (ENSIN, 2015) muestra un incremento de obesidad en los adultos de 18-64 años desde 2005 a 2015 de 29,1 a 33,1% (ENSIN, 2015). El 76% de la morbilidad es ocasionada por enfermedades crónicas no transmisibles, porcentaje similar al de los países desarrollados. Por otra parte, la desnutrición y las deficiencias de micronutrientes como hierro, vitamina A, calcio y zinc, aún persisten principalmente en niños menores de 5 años y en madres gestantes (ICBF & FAO, 2020). En consecuencia, el país padece de triple carga nutricional: exceso de peso y patologías asociadas, desnutrición y hambre oculta por deficiencia de micronutrientes.

I.1.4 Matrices alimentarias de preparaciones culinarias colombianas, fuentes de acrilamida

La acrilamida se forma en los alimentos ricos en almidón sometidos a procesos culinarios a altas temperaturas (fritura, horneado, asado) así como, en el procesado industrial a temperaturas superiores a 120 °C y baja humedad. Los azúcares reductores y la asparagina son los principales precursores de la reacción.

Maíz

El maíz es uno de los cultivos más relevantes en el sector agroalimentario en Colombia y ocupa el tercer lugar en superficie sembrada después del café y del arroz. El maíz se produce en diferentes regiones con distintas condiciones agroclimáticas, la producción tecnificada es insuficiente. Colombia importa maíz, principalmente de Estados Unidos (Hoyos & Ocampo, 2018). En Colombia, dependiendo de su composición, especialmente de las características del almidón, se encuentran maíces duros, blandos, córneos, harinosos, dulces reventones. De acuerdo con su color se producen dos tipos: el blanco (60%), destinado principalmente para alimentación humana y el amarillo (40%) para alimentación animal, y en proporción muy baja, para alimentación humana. En otros lugares de Latinoamérica existen otras variedades pigmentadas (rojo, negro, morado), ricas en compuestos fenólicos, pero en Colombia son poco consumidas.

Las mazorcas y sus granos proveen de un alimento básico, de origen ancestral, representativo de las culturas indígenas, que tras la llegada europea a América se fueron incorporando en diferentes platos y preparaciones de la gastronomía hispánica como sopas, arepas, tortas y bebidas. (Blandino et al., 2017).

El maíz se puede consumir en estado fresco, en su mazorca, cocida o asada. También, los granos frescos, conocidos como choclo pueden ser molidos y usados para la preparación de arepas asadas o tortas horneadas. Existen principalmente dos métodos para la extracción y procesado de los derivados de maíz: molienda húmeda, para la obtención del almidón y seca para obtención de harina, principal materia prima en la elaboración de las arepas (David & Tovar, 2013).

Arroz

El arroz (*Oryza sativa L*) es un alimento básico predominante de la cocina colombiana y según la encuesta ENSIN el alimento de mayor consumo en el país. (ICBF, 2020). Colombia, es un productor minoritario a nivel mundial (Becerra et al., 2019). El consumo per cápita de arroz blanco, en el 2021, fue de 42,2 kg/persona y algo superior en zonas rurales (DANE,2011)

El arroz recolectado, denominado arroz paddy, se convierte en el molino en arroz blanco y en los subproductos arroz cristal o partido y harina de arroz. (Becerra et al., 2019). El arroz se consume mayoritariamente como arroz blanco cocido, también se consumen preparaciones, tipo galletas amasijos o fritos, elaborados a partir de masas elaboradas con arroz cocido o harina de arroz.

Trigo

El trigo (*Triticum aestivum L*) proviene de Turquía, pero fue traído, junto con la avena y la cebada, por los españoles a América en el siglo XVI. La producción de trigo en Colombia ha ido disminuyendo sensiblemente; actualmente solo 6295 toneladas de las 761 millones producidas en el mundo se cultivan en Colombia (FAOSTAT, 2020). No obstante, en el caso del trigo, el patrón de producción no está directamente asociado con el patrón de consumo. El consumo está asociado a la adopción de patrones de dieta occidentalizado y en países en proceso de urbanización e industrialización (Shewry & Hey, 2015). En Colombia, la mayor parte del trigo se consume, en forma de harina, y es importado de Estados Unidos, Canadá y Argentina (Álvarez Sánchez & Chaves, 2017)

El trigo es un cereal ampliamente consumido por la versatilidad que le confieren las propiedades únicas de su complejo proteico, gluten, y que da la estructura requerida a alimentos como pan, productos de pastelería, fideos y pasta. Aunque existen gran variedad de especies, la más cultivada es la *Triticum aestivum*, también llamado trigo “común” o “harinero”. También se reconoce *la T. turgidum var durum*, también llamado trigo “duro” usado para la elaboración de pastas. (Shewry & Hey, 2015).

En Colombia, a partir del trigo, se elabora sémola, pasta, harina de trigo, harina de trigo integral. Con las harinas se elaboran diversidad de panes, productos de panadería y pastelería a nivel semiindustrial e industrial. A nivel casero es frecuente la elaboración de arepuelas, arepas, empanadas fritas u horneadas, tortas, churros y galletas, entre otros.

Patatas (papas)

La papa (*Solanum tuberosum L*) es un alimento básico, originaria de la zona montañosa andina de América del Sur. Se conocen 5000 variedades alrededor de todo el mundo pero 3000 proceden de los Andes de Perú, Bolivia, Ecuador, Chile y Colombia. Zaheer & Akhtar (2016). Es el tercer alimento más consumido después de arroz y del trigo. La producción mundial es de 359 millones de toneladas, de las cuales 2,7 millones son producidas en Colombia (FAOSTAT, 2020). Colombia exporta papa (patata) fresca o cocida conservada o congelada a Estados Unidos, Aruba, España, Panamá, entre otros e importa papa como materia prima, preparada o conservada principalmente de Bélgica, países bajos y Argentina.(Fedepapa, 2020)

En Colombia existen dos sistemas de producción: Tradicional: localizado en zonas de topografía quebrada, poco mecanizado y el Tecnificado: en zonas amplias de topografía plana, con intensiva mecanización y asistencia técnica.(Restrepo Klinge, 2019). El país tiene cerca de 500 variedades nativas, pero solo 13 variedades comerciales. Las principales son Pastusa suprema, Parda pastusa, criolla o amarilla, Diacol Capiro (R12), Única, ICA Puracé y Tucarreña, conocida como sabanera cuya cáscara tiene pigmentación violeta. La proporción de papa destinada al mercado fresco (76%) es más alta que la destinada para procesamiento industrial (6%). Unas pequeñas proporciones se destinan para autoconsumo o como semilla (Velez Betancourt, 2020).

En el país la papa se encuentra como uno de los alimentos de mayor consumo en todos los grupos de edad.(ICBF, 2020). La papa fresca es consumida básicamente por sectores de la población de

niveles de ingreso medio e inferior. Las ciudades que más la consumen son Bogotá y Medellín, región Central. En otras ciudades su consumo se alterna con yuca, plátano o ñame. A nivel industrial la papa se transforma en hojuelas, patatas precocidas o prefritas congeladas, papa en rodajas, fécula, harina, copos de puré y pellets que son la base de aperitivos y snacks. (Velez Betancourt, 2020). En el ámbito casero las preparaciones son diversas: sopas, ensaladas, papas fritas a la francesa, papas chips, papas doradas, papas rostizadas, croquetas de papa, tortillas y pasteles, entre otras.

Plátanos

El plátano (*Musa Paradisiaca*) es originario de la India, se cultiva y consume ampliamente en los países africanos y caribeños con climas tropicales. En el mundo se producen alrededor de 169 millones de toneladas de plátanos y bananos, de las cuales 4,9 millones son producidos en Colombia. (FAOSTAT, 2020). El plátano es el cultivo frutal más importante del país. Colombia ocupa el cuarto lugar en producción, rendimiento y área sembrada a nivel mundial. Las variedades más cultivadas son el Hartón, el Dominicó Hartón y el Cachaco. También se produce banano, el 91% de la producción se destina para exportación. Los principales países destinos de las exportaciones de Plátano Colombiano son en su orden: Estados Unidos, Reino Unido, Bélgica y España.

Los bananos se consumen como frutas, crudos, a manera de postre o complementos dulces. Los plátanos se suelen cocinar, freír o asar y acompañan a los platos salados, cumpliendo un rol similar a las patatas. Este alimento ha sido ampliamente estudiado en cuanto a composición, cambios durante la maduración, pérdida de nutrientes por fritura y desarrollo de híbridos o variedades mejoradas; no obstante, el efecto del tratamiento térmico sobre productos de RM ha sido poco explorado.(Khatib & Hanisah, 2012).

Los plátanos, por su alto contenido de almidón (cercano al de la patata) requieren ser cocido para que sea digerible. Los chips de plátano o masas fritas elaboradas mediante mezcla de plátano maduro macerado, harina y huevo son alimentos comúnmente consumidos en países caribeños. (Bent *et al.*, 2012). En Colombia, se consumen frecuentemente plátanos chips “moneditas”, patacones o tostones y masas fritas como las llamadas “Marranitas” que son mezclas de plátano con chicharrón de cerdo, aborrajados, o “Juan Valerio”, mezcla de migas de plátano con chicharrón. En menor proporción, se consume plátano asado al horno o a la brasa, cocidos o plátanos almibarados con azúcar o panela. A nivel industrial se produce harina de plátano, chips de plátano verde o maduro, tipo snacks y vinagre, entre otros.

Yuca

La yuca (*Manihot esculenta crantz*) es originaria de Suramérica. Tiene diferentes nombres comunes: yuca en el norte de América del Sur, América Central y las Antillas, mandioca en Argentina, Brasil y Paraguay, cassava en países angloparlantes, guacamote en México, aipi y macacheira en Brasil y mhogo en swahili en los países de África oriental.(FAO, 2002). En el 2020, la producción de yuca fue de 303 millones de toneladas, de las cuales Colombia aportó 1,1 millones.(FAOSTAT, 2020). En Latinoamérica, en las últimas décadas, se ha incrementado su demanda posiblemente por el crecimiento demográfico y la urbanización de la región (Scott, 2021). Constituye la base de la alimentación en 90 países en vías de desarrollo.(Otache *et al.*, 2017)

Las variedades de yuca se clasifican según contenido de glucósidos cianogénicos en variedades dulces y en variedades amargas. Dentro de las variedades dulces comercializadas en Colombia están la Llanera, la Armenia y la Chiroso. Corresponden a las de mayor consumo por la población. Dentro de las variedades amargas, se encuentra la yuca brava que es ampliamente consumida por población indígena. Dependiendo del uso final de la yuca, se clasifica como de calidad culinaria o de calidad industrial. La de calidad culinaria cuando se destina al consumo humano directo o como industrial cuando se usa para la producción de subproductos tales como harina, almidón de yuca y trozos secos. (FAO, 2002). En Colombia la yuca fresca se cocina en trozos y se fríe (dorado) o se fríe en bastones. Con el almidón de yuca se elaboran numerosos amasijos con queso como pandebonos y pandeyucas.

Café

El café comenzó a cultivarse en Colombia desde el siglo XVIII. Las semillas originales fueron traídas por jesuitas y luego se consolidó como el producto representativo y de mayor importancia en el país. En la actualidad el 95% se cultiva en pequeñas fincas que no superan las dos hectáreas, ubicadas en zonas rurales, principalmente en la región Central, departamento de Antioquia.

Colombia es el mayor productor mundial de café arábigo suave lavado. La producción en el año 2021 fue de 12,6 millones de sacos. La variedad predominante en Colombia es la arábica, disponible en gran variedad de cafés comerciales, clasificados por el grado de intensidad de color (claro, medio, oscuro) y tipo de tostado aplicado (natural o torrefacto) entre otros.(FEDECAFE, 2011). Adicionalmente, con el café se elaboran gran cantidad de productos como galletas, cremas de café, dulces y entre otros. La variedad robusta se considera de menor calidad que la variedad arábica, pero es muy valorada para la elaboración de café espresso y por favorecer la formación de cremas.

El fruto rojo del café recogido se despulpa se fermenta y posteriormente por lavado se retira el mucilago. La pulpa lavada se trilla, descascarilla y se tuesta a temperaturas entre 90°C y 215°C. El café tostado se vende en grano o molido. La bebida de café se prepara por tres métodos: filtración, percolación o infusión o ebullición. La recomendación de la federación nacional de cafeteros es por filtración.

Panela

La panela es un producto de gran interés para Asia y Latinoamérica. Se estima que solo a nivel de Latinoamérica existen más de 50.000 trapiches o lugares que la producen en forma artesanal. Colombia es el segundo país productor de panela luego de la India y es el país con consumo per cápita más alto del mundo (34,2 kg/año). El cultivo y procesamiento de la caña de azúcar hasta la obtención de panela constituye la fuente de empleo de miles de familias campesinas del país. La mayor parte de la producción (99%) se destina para consumo interno pero el 1% restante se exporta principalmente a Estados Unidos y España. Para favorecer su expansión en otros mercados, en las últimas décadas se han implementado estrategias de modernización, tecnificación de la agroindustria y mejora de la calidad final del producto con apoyo estatal (FAO, 2007)

La panela se define como el producto obtenido de la extracción y evaporación de los jugos de la caña de azúcar, elaborado en los establecimientos denominados trapiches paneleros o en las centrales de acopio de mieles vírgenes, en cualquiera de sus formas y presentaciones. Por normativa, la panela en Colombia debe contener como máximo el 83% de azúcares no reductores expresados como sacarosa y 9% de humedad. Como mínimo debe tener 5,5% de azúcares reductores expresados como glucosa y estar exenta de sulfitos y colorantes (Ministerio de protección social, 2006)

La panela se obtiene a partir de la molienda de la caña (*Saccharum officinarum L.*). Es un azúcar natural, no centrifugado. Se le conoce con diferentes nombres, dependiendo de su origen, como “chancaca”, “rapadura”, “gur”.(Vargas Lasso, et al., 2015). Su elaboración se realiza principalmente en forma artesanal y corresponde a un proceso de clarificación y evaporación del jugo o mosto hasta la obtención de una miel que se concentra por deshidratación intensa (hasta superar los 90°Brix), se bate, se moldea y se enfría. Su presentación común es en bloques sólidos, aunque también se encuentra granulada y en polvo. (Ministerio de Salud, 2012).

La bebida “agua de panela” se consume como infusión caliente o como bebida refrescante fría, tradicionalmente mezclada con jugo de limón. En general las bebidas de panela de diferentes regiones geográficas tienen similares propiedades aromáticas y de extracción de sólidos solubles. Los cambios obedecen a la intensidad del calentamiento y se evidencian en el color.(García et al., 2017). La panela se utiliza como endulzante de platos tradicionales que utilizan como materia prima el maíz (sopas, postres, amasijos y dulces) y en la elaboración de caramelos, jarabes.

Cacao

El chocolate es elaborado con semillas secas y fermentadas extraídas del árbol amazónico *Theobroma cacao L* (cacao). Existen variedades foráneas y criollas. El criollo (*Theobroma cacao L cv* criollo) es cultivado en Colombia y otros países de Latinoamérica, reconocido por la Organización Internacional del Cacao (ICCO) como “fino” y “de sabor”(Delgado-Ospina *et al.*, 2021). Los grandes productores exportadores de Cacao en el mundo son Ghana, Costa Marfil, Nigeria, Camerún y Ecuador. Colombia es un pequeño productor que destina cerca del 80% de su cosecha a dos multinacionales que lo procesan hasta obtener productos como bebidas de chocolate o dulces de chocolatería. (Abbott, P.C., Benjamin, T.J., Burniske, G.R., Croft, M.M., Fenton, M., Kelly, C.R., Lundy, M., Rodriguez Camayo, F., 2017).

La composición de los granos de cacao es bastante variable, dependiendo de su origen y del procesamiento al que haya sido sometido. El procesamiento de los granos comprende una primera fase de cosecha, apertura del fruto, remoción de las semillas con la pulpa, fermentación, secado y almacenamiento. Luego, la segunda fase, consiste en la obtención, de ingredientes como la pasta de cacao para la fabricación del chocolate y sus derivados. Allí, los granos de cacao se someten a un pretratamiento térmico, seguido de descascarillado, tostado y molienda (Okiyama *et al.*, 2017). Estos procesos son determinantes para el desarrollo de atributos sensoriales como sabor color y textura.

1.1.5 Características de consumo, métodos de procesado y cocción

La variedad de las comidas y preparaciones representa el legado de la población indígena, la llegada de blancos, principalmente procedentes de España, la tradición africana transmitida por esclavos, la influencia independentista de Francia y el legado de emigrantes italianos y árabes, entre otros. Las características geográficas y climáticas, la disponibilidad de alimentos, la proximidad con países fronterizos y las dinámicas históricas han determinado que, aunque se conserven características comunes en cuanto al número de comidas y alimentos, se encuentren variaciones al interior de cada uno de sus territorios. De este modo, el patrón alimentario tradicional en Colombia se caracteriza por la distribución de los alimentos que conforman la dieta diaria en tres comidas principales: desayuno, almuerzo y comida. En algunos casos son acompañadas por dos comidas intermedias a las que se les denomina *nueves*, en la media mañana, y *onces*, en la tarde. El café es una bebida nacional que se consume durante todo el día o en horas determinadas dependiendo de la región y de las rutinas laborales (Sánchez & Sánchez, 2013).

Los desayunos son muy variados y pueden incluir un jugo o fruta, bebida caliente de café, chocolate o panela sola o con leche, un pan o derivado de cereal y un alimento fuente de proteína como huevo o queso. También puede incluir preparaciones tradicionales como caldos, tamales, calentados, entre otros. Las comidas principales, tipo almuerzo o comida, incluyen sopa o crema; un seco conformado por preparaciones elaboradas con alimentos hidrocarbonados propios de la región como maíz, arroz, papa, plátano y yuca; un alimento fuente de proteína como carne o pescado, huevo o leguminosa; una ensalada de hortalizas y verduras o verdura cocida; una bebida, generalmente a base de frutas, cereales, café o panela y un dulce o postre.

La preparación central de las comidas principales es el arroz blanco cocido. Como parte del proceso de elaboración o para acompañamiento de los platos se preparan sofritos también conocidos como *hogo*, *hogao* o *guiso* dependiendo de la región. Estos se elaboran con cebolla, tomate, aceite, mantequilla o margarina.

Las comidas intermedias casi siempre corresponden a un refrigerio o *tentempié* que se toma después del desayuno y antes del almuerzo o comida del medio día. Usualmente a base de empanaditas, pan de yuca o *almojábanas*, un *perico*, *masato* o *refresco de avena* (Bassama et al., 2012) (Sánchez & Sánchez, 2012). Las bebidas alcohólicas más consumidas en fiestas, celebraciones u ocasiones especiales son *guarapo*, *chicha* y *mistelas* de preparación artesanal y de consumo más informal y a nivel rural; en tanto que *cerveza*, *vino* y *aguardiente* son las comercializadas de mayor consumo.

En resumen, el patrón alimentario del país se caracteriza por el consumo diario de tres comidas principales: desayuno, almuerzo y comida, y ocasionalmente, dos intermedias: *medias nueves* y *onces*. Los alimentos hidrocarbonados, tales como arroz, plátano, papa, yuca, ñame, maíz, trigo, entre otros, constituyen la base de la alimentación y se consumen con carnes, leguminosas, hortalizas y verduras. Todas las comidas suelen acompañarse con jugos de fruta, café, chocolate y agua de panela. Los procesos culinarios de uso más frecuente corresponden a hervido, asado, fritura, horneado, entre otros.

Los lineamientos para la adopción de patrones alimentarios más saludables han sido consignados en las Guías alimentarias para la población colombiana: “El plato saludable para la familia colombiana”. Las guías están conformadas por los mensajes de promoción de prácticas de alimentación saludables y el ícono representativo de cómo debe ser la variedad y proporcionalidad de los platos en la dieta. Los mensajes, referidos a continuación, fueron definidos con base en los problemas nutricionales del país, la evidencia científica y las metas nutricionales adoptadas por el país.

- Consuma alimentos frescos y variados como lo indica el Plato saludable de la Familia Colombiana.
- Para favorecer la salud de músculos, huesos y dientes, consuma diariamente leche u otro producto lácteo y huevo.
- Para una buena digestión y prevenir enfermedades del corazón, incluya en cada una de las comidas frutas enteras y verduras frescas.
- Para complementar su alimentación consuma al menos dos veces por semana leguminosas como frijol, lenteja, arveja y garbanzo.
- Para prevenir la anemia, los niños, niñas, adolescentes y mujeres jóvenes deben comer vísceras una vez por semana.
- Para mantener un peso saludable, reduzca el consumo de “productos de paquete”, comidas rápidas, gaseosas y bebidas azucaradas.
- Para tener una presión arterial normal, reduzca el consumo de sal y alimentos como carnes embutidas, enlatados y productos de paquete, altos en sodio.
- Cuide su corazón, consuma aguacate, maní y nueces; disminuya el consumo de aceite vegetal y margarina; evite grasas de origen animal como mantequilla y manteca.
- Por el placer de vivir saludablemente realice actividad física de forma regular.

La representación gráfica de las guías alimentarias corresponde a un plato donde se representan los seis grupos de alimentos (Grupo I. Cereales, raíces, tubérculos y plátanos; Grupo II. Frutas y verduras; Grupo III. Leche y productos lácteos; Grupo IV Carnes, huevos, leguminosas secas, frutos secos y semillas; Grupo V Grasas; Grupo VI. Azúcares), mostrando la proporción relativa en que deben ser consumidos en el día. Adicionalmente promueve el consumo de agua y la práctica de la actividad física como comportamientos saludables. El ícono se puede visualizar en la figura 1.



Tomado de: Guías alimentarias para la población colombiana (FAO. ICBF 2020)

Figura 2. Icono representativo de las guías alimentarias para la población colombiana.

I.1.6 Vigilancia nutricional de la población colombiana

La situación alimentaria y nutricional de la población ha sido una preocupación de salud pública en Colombia. Para su seguimiento y valoración se ha contado con un Sistema de Vigilancia Alimentaria y Nutricional (SISVAN) que desarrolla procesos sistemáticos de recolección, análisis, interpretación y difusión de datos que sirven para observar tendencias y controlar los problemas alimentarios y nutricionales. Para ello SISVAN debe mantener un conocimiento actualizado sobre estado nutricional y el consumo de alimentos (MinSalud, 2018).

Las encuestas demográficas y de consumo de alimentos se constituyen en una valiosa herramienta de política pública, que aportan elementos a los sistemas de vigilancia alimentaria y nutricional, a investigadores y a formuladores de políticas. Desafortunadamente en Colombia, antes del 2005, la información sobre el consumo de alimentos era escasa y se obtenía de manera fragmentada, a partir de la inclusión de preguntas que se incluían en la Encuesta Nacional de Demografía y Salud (ENDS) o en estudios particulares realizados en determinados contextos. Tal condición restringía la cantidad de información disponible para la planeación de políticas en materia de nutrición y salud y para la proyección de planes de alimentación y nutrición.

En el año 2005, el Instituto Colombiano de Bienestar Familiar (ICBF), con la colaboración del Instituto Nacional de Salud, la Universidad de Antioquia y Profamilia, diseñó y desarrolló la primera ENSIN, para identificar la situación nutricional de la población colombiana. Dicha encuesta aportó información sobre estado nutricional, valorado mediante indicadores antropométricos y bioquímicos, ingesta dietética, seguridad alimentaria en el hogar, actividad física, tiempo dedicado

a ver televisión, autopercepción del peso corporal y auto reporte de diabetes mellitus e hipertensión arterial. También incluyó información sobre lactancia materna y alimentación complementaria. Los resultados de la base constituyeron la base para proyectar las acciones que permitieran dar cumplimiento a los compromisos adquiridos con los Objetivos del desarrollo del Milenio y la formulación de los planes de Seguridad Alimentaria y Nutricional del país.

La segunda versión, ENSIN 2010, se realizó entre el 2008 y el 2010. Con relación a la ENSIN 2005 tuvo mayor cobertura e hizo énfasis en el componente étnico. La encuesta fue realizada por el ICBF con el apoyo del Ministerio de Salud y Protección Social, el Instituto Nacional de Salud, el Departamento Nacional de Estadística-DANE, la Asociación Colombiana de Facultades de Nutrición y Dietética-ACOFANUD, Profamilia y agencias del sistema de Naciones Unidas como la Organización Panamericana de la Salud (OPS-OMS), Programa Mundial de alimentos (PMA) y Organización Internacional para Migraciones (OIM), entre otros. La encuesta incluyó información sobre seguridad alimentaria en el hogar, prácticas de alimentación de interés en nutrición y salud pública, lactancia materna, actividad física, tiempo dedicado a los videojuegos y efectuó valoraciones antropométricas y bioquímicas para valoración del estado nutricional. (ICBF, 2020)

La ENSIN 2015 fue diseñada bajo la coordinación del Ministerio de Salud y Protección Social, el Instituto Nacional de Salud, en colaboración con el Departamento Administrativo para la prosperidad Social. El trabajo de campo se realizó entre noviembre de 2015 y diciembre de 2016, se entrevistaron 151.343 personas de 44.202 hogares en 295 municipios del país. La encuesta tiene cobertura nacional y regional con representatividad urbana y rural para 6 regiones del país. Abarca población entre 0 y 64 años y los indicadores se encuentran desagregados por etnia, grupo de edad, sexo y nivel socioeconómico. La encuesta indagó sobre indicadores demográficos, condiciones socioeconómicas, salud y oferta social; lactancia materna y alimentación complementaria; seguridad alimentaria, hábitos alimentarios e ingesta dietética, actividad física, patrones sedentarios, fuerza prensil de mano y vitaminas y minerales de interés en salud pública. (ICBF, 2019)

El diseño de muestra implementado en la consecución de la muestra maestra fue probabilístico, de conglomerados, estratificado y polietápico. Para el análisis de ingesta dietética de la ENSIN se utilizó el método de recordatorio de 24 horas (R24), el cual consiste en la aplicación individual de una entrevista detallada sobre todos los alimentos y bebidas consumidos durante las 24 horas del día anterior a la entrevista. Para su aplicación se tomó como referencia la metodología de múltiples pasos iterativos (MMPI), la cual contempla cinco pasos, cada uno con preguntas únicas y específicas para cada alimento, basadas en respuestas previstas y tablas de referencia de las diferentes porciones y cantidades de los alimentos disponibles. (ICBF, 2019).

La encuesta ENSIN, 2015, también aplicó el cuestionario de frecuencia de consumo, utilizado en el año 2010; en este se evaluó el uso o consumo usual de algunos alimentos y la realización de algunas prácticas y su frecuencia (veces día), en población de 3 a 64 años

El país ha desarrollado otros procesos de evaluación de consumo, en poblaciones específicas; por ejemplo; los estudios de canasta de Bogotá y Leticia o el Estudio Nacional de la Situación Alimentaria y Nutricional de los Pueblos Indígenas de Colombia (ENSINI,2021).

A partir de la información aportada por los diferentes sistemas de vigilancia y encuestas de consumo aplicadas se observa, como para el resto de los países de la región una transición nutricional.

La transición demográfica, epidemiológica y nutricional está ampliamente aceptada en Colombia y las encuestas realizadas en el país reflejan los cambios alimentarios producidos en las últimas décadas (Herrán *et al.*, 2016). La dinámica acelerada de estas transiciones es debida a diversos factores asociados con la adaptación de la población a la vida urbana (Lamus-Lemus *et al.*, 2012). Existen grandes inequidades regionales en la prevalencia de hogares con malnutrición (Parra *et al.*, 2015). El cambio alimentario es un proceso de transformación social que se da en un contexto ambiental, político y económico en el que las personas configuran su alimentación a partir de la interacción entre prácticas alimentarias tradicionales y nuevos comportamientos propios de la globalización, donde juegan un gran papel los medios de comunicación, las nuevas tecnologías y la industria de alimentos (ENSIN, 2015).

En Colombia, durante las últimas décadas, al igual que en otros países latinoamericanos, los procesos de globalización, el incremento de la urbanización, el surgimiento de los grandes supermercados, el envejecimiento y la mayor vinculación de la mujer en entornos laborales diversos han generado cambios en el patrón alimentario que se evidencian en un menor consumo de los alimentos tradicionales y en un incremento en el consumo de alimentos ultra procesados con un aporte importante de calorías, grasas trans y azúcares simples. (Monteiro *et al.*, 2012). Dentro de estos alimentos sobresalen los snacks, las comidas rápidas foráneas y platos precocinados. El discurso de la comida saludable choca con un mayor consumo de aditivos, azúcar, fritos y comidas procesadas. (ICBF, 2020).

I.2 PATRONES DE CONSUMO

Los alimentos que se consumen y sus combinaciones reflejan preferencias alimentarias individuales determinadas por factores genéticos, culturales, sociales, de salud, ambientales, económicos y de estilo de vida (Kant, 2004). La comprensión científica de la forma en que los grupos poblacionales e individuos estructuran su dieta ha evolucionado conforme a los avances de la epidemiología nutricional. En este sentido, en las últimas dos décadas las prácticas alimentaria de las poblaciones se han explorado aplicando estudios de patrones alimentarios (Reinhardt *et al.*, 2020).

De este modo, los patrones alimentarios (en inglés conocidos como “dietary patterns”) permiten abordar el consumo de alimentos y nutrientes, desde una perspectiva más amplia que la de las aproximaciones nutricionales previas, centradas en el análisis de nutrientes únicos, facilitando la comprensión del consumo dietético real y del perfil de nutrientes que interactúan entre sí, ejerciendo efectos sinérgicos y antagónicos en el organismo. Esta perspectiva ha permitido ahondar en el conocimiento de estrategias nutricionales y dietéticas para la de prevención de enfermedades y la promoción de la salud (Hu, 2002). Asimismo, han permitido obtener una mejor evidencia sobre la relación dieta-salud, para la formulación de las guías alimentarias en los diferentes países (Smith *et al.*, 2013).

I.2.1 Conceptualización general

Los patrones dietéticos pueden ser definidos como *la cantidad, proporción, variedad o combinación de diferentes alimentos, bebidas y nutrientes en la dieta y la frecuencia en los que son usualmente consumidos* (DGAC, 2020). Los patrones describen la dieta general, los grupos de alimentos y nutrientes incluidos; su combinación y variedad, y la frecuencia y cantidad con que se consumen habitualmente (Cespedes & Hu, 2015). Hoy en día, la carga de la malnutrición está más representada por las enfermedades crónicas no transmisibles que por las deficiencias nutricionales. En ese contexto, el estudio de los patrones dietéticos permite explorar los determinantes dietéticos de dichas patologías y su interacción de una manera global (Tapsell *et al.*, 2016).

Actualmente se reconocen distintos métodos para el establecimiento de patrones alimentarios, siendo los más utilizados aquellos que implican la definición de patrones a partir de la construcción de índices numéricos *a priori*, que miden la adherencia a un patrón dietético que ha sido predefinido sobre la base de la evidencia científica, o aquellos que se basan en patrones exploratorios que consisten en derivar patrones de alimentos a partir de análisis estadísticos, que se interpretan posteriormente para derivar lo que se conoce como patrones *a posteriori* (Reinhardt *et al.*, 2020).

Patrones basados en índices

Los patrones dietarios *a priori* pueden ser valorados en forma global con los llamados *Índices de calidad de la dieta (Dietary Quality Indexes)* que permiten no solo valorar los factores de riesgo relacionados con enfermedades crónicas, sino también categorizar individuos dependiendo del grado de cumplimiento de ciertos estándares dietéticos como variedad de la dieta, concordancia con metas nutricionales establecidas en las guías alimentarias y adherencia a la dieta mediterránea (Kant, 2004). Estos índices facilitan la replicación y comparación de estudios y sus resultados. El puntaje o índice de dieta mediterráneo (Mediterranean Diet Score (MDS)) que evalúa la adherencia al patrón de dieta mediterráneo, asociado con bajo riesgo cardiovascular y el puntaje de la aproximación a la dieta para reducir la hipertensión (Dietary approaches to stop Hypertension (DASH)) son ejemplos de este tipo de índices.

Patrones exploratorios

Los patrones exploratorios, *a posteriori*, parten de datos poblacionales para establecer si se identifica un patrón dietético. Existen gran cantidad de técnicas estadísticas para derivar patrones dietéticos pero generalmente se utiliza el análisis factorial el cual evalúa hasta qué punto un conjunto de factores organizados teóricamente se ajusta a los datos y para describirlos utilizando, por ejemplo, el análisis de componentes principales (PCA), mediante el análisis de variables dietéticas operativas como frecuencias y cantidades informadas de consumo de cada grupo de alimentos, porcentajes de energía aportada, ingesta binaria, entre otras y sus relaciones. La forma de ingreso de las variables determina los patrones obtenidos.

I.2.2 Metodologías para la evaluación de patrones dietéticos

La evaluación de los patrones dietarios a través de la metodología *a priori* se realiza mediante el uso de diferentes métodos como son la estimación de scores, índices o puntajes de calidad de dieta. Estos puntajes se basan en evidencia científica, son fáciles de comprender y permiten comparar resultados entre poblaciones; sin embargo, el estar enfocados en aspectos específicos de la dieta, no consideran la correlación entre los componentes de los patrones dietéticos y la dificultad de interpretación cuando se obtienen puntuaciones medias son las principales desventajas de su uso (Zhao *et al.*, 2021)

Para la derivación de patrones exploratorios de tipo *a posteriori* se aplican métodos basados en técnicas estadísticas multivariadas dentro de las que se encuentra el análisis factorial. En estos métodos, se parte de datos existentes recopilados a partir de cuestionarios de frecuencia de consumo de alimentos, recordatorios de 24 horas o registros de dieta (Zhao *et al.* 2021). Los recordatorios de 24h ofrecen una información muy detallada y, aunque la carga de tiempo para el participante es alta, en ellos se definen claramente las comidas y se tiene información adicional de contexto que facilita la interpretación de los patrones obtenidos. Los cuestionarios de frecuencia brindan información sobre tipo de alimentos y periodicidad de consumo, pero no brindan datos en relación con las preparaciones consumidas.(Leech *et al.*, 2015). Los recordatorios de 24h, aplicados varias veces en un mismo sujeto, permiten obtener información de dieta de mayor calidad y precisión(Salvador *et al.*, 2015).

De manera previa a la aplicación de la metodología *a posteriori* el investigador debe definir ciertos aspectos que influirán los patrones consumidos y su interpretación. Inicialmente debe definir cómo interpretará el término “patrón de comidas” en su estudio, ya que este es un concepto general que se usa a menudo para describir los patrones de alimentación de los individuos a nivel de “una comida”; por ejemplo, una comida principal como el desayuno. También debe establecer criterios en relación sobre cómo se seleccionará la información, el ajuste de las variables de entrada con la ingesta energética, la agregación de las variables, la inclusión o no de preparaciones que aporten porcentajes mínimos de energía o de determinados grupos de alimentos como las bebidas. Las variaciones en estos aspectos podrían generar cambios en la interpretación de los hallazgos en estudios realizados en este campo (Leech *et al.*, 2015). El ajuste de las variables de entrada para la ingesta de energía pueden generar pequeñas diferencias (Ocké, 2013).

Los métodos basados en estos datos se refieren a patrones de ingesta dietética derivados de los datos de población a través de técnicas estadísticas multivariadas, entre las que se encuentra el análisis factorial (AF).

En general, se conocen dos tipos básicos de análisis factorial: El Análisis de Componentes Principales (ACP) y el Análisis Factorial Exploratorio (AFE). Estos métodos son más interpretables y representativos que los métodos que analizan un solo componente o nutriente de la dieta. Como se ha comentado anteriormente, permiten considerar la ingesta dietética con una perspectiva global en los estudios de dieta-salud o en los estudios poblacionales de dieta.

El ACP es una técnica que permite reducir la dimensionalidad del conjunto de datos, en este caso de dieta, generando componentes o patrones, aumentando la interpretabilidad, pero al mismo tiempo minimizando la pérdida de información. (Jolliffe and Cadima 2016). El método usa correlaciones entre la ingesta de alimentos para identificar patrones subyacentes en los datos. El investigador previamente cuantifica las variables de entrada, generalmente a partir de registros de dieta, que se pueden cuantificar como gramos de peso o porcentaje de energía de los grupos de alimentos o de forma dicotómica (consumió o no consumió) o frecuencia de consumo (Chen & Scott Smith, 2015). Al aplicar el método se obtienen componentes o factores que son relaciones lineales directas de las variables dietéticas subyacentes. Las variables del patrón dietético creado explican tanto como sea posible la variación total de las variables dietéticas originales (Ocké, 2013). La decisión del número de componentes a retener se hace analizando valores propios o mediante el análisis de diagramas de sedimentación. Los factores retenidos se rotan para obtener una solución ortogonal más interpretable y se les calculan puntuaciones para su posterior operacionalización y análisis (Kant, 2004).

Para evaluar si el modelo factorial (o la extracción de los factores) en su conjunto es significativo y que existe la adecuación de los datos estadísticos para aplicar este análisis, se utiliza la prueba KMO (Kaiser, Meyer y Olkin) que nos indica la proporción de la varianza que tienen en común las variables analizadas y relaciona los coeficientes de correlación observados entre las variables. Se espera que este valor sea lo más cercano a la unidad. Si $KMO \geq 0,9$, el test es muy bueno; notable para $KMO \geq 0,8$; mediano para $KMO \geq 0,7$; bajo para $KMO \geq 0,6$; y muy bajo para $KMO < 0,5$. Por otra parte, mediante la prueba de esfericidad de Barlett, se puede evaluar la aplicabilidad del análisis factorial de las variables estudiadas y analizar la significancia del modelo. Si el p-valor que resulta de esta prueba es superior a 0,05 no se podría aplicar el análisis factorial.

En los últimos años, se han propuesto otras metodologías como son las variaciones en la transformación de las variables de entrada o de los modelos matemáticos tradicionalmente aplicados (Zhao *et al.*, 2021). Por ejemplo, en el ACP, se ha propuesto considerar variables de dieta binarios, que se pueden obtener con la dicotomización de la ingesta en dos (consume/no consume). Esto permite superar problemas de asimetría y el efecto que introducen los participantes que son no consumidores de una determinada categoría de alimentos, favoreciendo la interpretabilidad de los datos según algunos autores (Smith *et al.*, 2013).

I.2.3 Patrones de consumo en Colombia

Los patrones de consumo en Colombia se han explorado desde diferentes estudios que han descrito las características de la alimentación en términos del consumo de grupos de alimentos, calidad de la dieta, derivación de patrones dietéticos y asociación de patrones dietéticos con enfermedades específicas.

El estudio Latinoamericano de Nutrición y Salud (ELANS) es una investigación multicéntrica transversal de nutrición y salud de una muestra representativa nacional de poblaciones urbanas de ocho países en América Latina (Argentina, Brasil, Chile, Colombia, Costa Rica, Ecuador, Perú y

Venezuela). Este estudio evaluó la ingesta dietética, mediante la aplicación de dos recordatorios de 24h; la actividad física y parámetros antropométricos en 9000 individuos entre 15 y 65 años, estratificando por edad, sexo y nivel socioeconómico. Según resultados de ELANS para la población de Colombia, el país destaca, con relación a los demás países, por sus altos consumos de arroz, pasta, margarina y lácteos, y por sus bajos consumos de verduras y frutas (Sales *et al.*, 2019). En cuanto a estado nutricional, Colombia posee el menor porcentaje de exceso de peso de la región (50,7%). El mayor porcentaje lo presentó Chile (68,9%)(Kovalskys *et al.*, 2018).

Los patrones de consumo de alimentos, derivados a partir ingestas estimadas por cuestionario de frecuencia de consumo, aplicado como parte de la ENSIN, 2010, fueron obtenidos mediante ACP, a partir de la ingesta reportada de un grupo de 10187 niños colombianos, entre 5 y 17 años, para evaluar su relación con la prevalencia de obesidad. Se identificaron tres patrones de consumo: “Proteína/fibra” conformado por frutas en jugo, frutas enteras, leche, queso, verduras, pan, arepa o galleta, alimentos integrales (pan, arroz, galletas, etc), pollo o gallina, morcilla o vísceras de res (hígado, pajarilla, riñón, etc), mantequilla, crema de leche, manteca de cerdo, alimentos bajos en calorías (light); atún o sardinas y con carga factorial negativa, pescados o mariscos. El patrón “Snack” incluía alimentos de paquete (papas, chitos, patacones, tocinetas, etc.), golosinas o dulces, gaseosas o refrescos (en polvo, caja, botella), alimentos de comida rápida, (hamburguesa, perro, pizza, tacos, etc.), embutidos (salchichas, jamón, mortadela, butifarra). El tercero se denominó patrón “Tradicional/almidón” e incluye: Panela, azúcar, miel, arroz o pasta, alimentos fritos (papa frita, carne frita, plátano frito, etc.), granos secos (frijol, arveja, garbanzo, lenteja, soya, habas), tubérculos y plátano, huevos, carne de res, ternera, cerdo, chigüiro, conejo, cabro, curí, , menudencias de pollo café o té. Los patrones snacks y tradicional se asociaron con el exceso de peso(Ocampo *et al.*, 2014).

Posteriormente, en nuevos estudios, se ha profundizado en los patrones de consumo previamente citados; por ejemplo, se estimó la adherencia de los departamentos (divisiones territoriales administrativas del país) y se ubicaron espacialmente a los patrones. Se encontró que Colombia no es homogénea y que existen clusters diferenciados entre los departamentos. En los departamentos en los que predominaba el patrón tradicional, el patrón snack era débil (Quintero-Lesmes and Herran 2019). También se ha encontrado que en los últimos cinco años (2010-2015) la adherencia al “patrón snack”, en muestras que incluían adultos y niños, ha disminuido principalmente en sujetos con mayor riqueza, IMC normal y en hogares donde los padres o responsables del hogar tenían mayor grado de educación. Se considera que este cambio puede obedecer a las campañas educativas que desmotivan el consumo de estos alimentos(Herrán *et al.*, 2019) .Por otra parte, se ha evaluado la asociación entre los patrones de consumo dietético y la incidencia de cáncer de mama encontrándose que mayor adherencia al patrón de consumo tradicional y el aumento de la duración de la lactancia materna son factores protectores frente a esta enfermedad (Herrán *et al.*, 2020)

Recientemente se realizó la evaluación de la calidad de la dieta colombiana mediante la estimación del Índice Alternativo de Alimentación Saludable (AHEI) con la información aportada por dos encuestas de consumo, con muestras representativas, aplicadas en 2005 y en 2015. De acuerdo con los resultados, el AHEI disminuyó de 46,3 a 44,3 en niños y de 49,0 a 46,2 en adultos; es decir la

calidad de la dieta se redujo. La población con menos recursos disminuyó la calidad de su dieta en mayor proporción con respecto a aquellos que tenían mejor nivel económico. De igual manera, la población más joven disminuyó la calidad de su dieta con relación a la población de adultos (Mora-García *et al.*, 2020).

I.3 ACRILAMIDA

Acrilamida, (AA, 2-propenamida, CAS No. 79-0601), es un compuesto químico, tipo amida soluble en agua y en solventes orgánicos, con bajo peso molecular (71,08 g/mol) que es usada como monómero para la síntesis de poliacrilamidas, con aplicaciones en la industria para procesos de purificación del agua, electroforesis o como agente floculante, entre otras. En alimentos, se le reconoce desde que la Agencia Alimentaria Sueca y la Universidad de Estocolmo alertaron sobre la presencia de cantidades relativamente altas de acrilamida en alimentos cocinados o procesados a altas temperaturas (FAO/WHO, 2002). Las patatas fritas, horneadas y asadas y los cereales y derivados como cereales para el desayuno, panes y galletas saladas son la principal fuente de exposición humana a la acrilamida procedente de la dieta (Tareke *et al.*, 2002), (Jackson & Al-Taher, 2010).

I.3.1. Mecanismos de formación de acrilamida

La aplicación de tratamientos térmicos en los alimentos es una práctica milenaria que ha sido ampliamente estudiada y valorada porque mejora la palatabilidad, la seguridad microbiológica y digestibilidad; no obstante, el tratamiento térmico puede dar lugar a la reducción de determinados nutrientes y a la generación de contaminantes químicos o sustancias tóxicas inducidas por calentamiento. Dentro de ellos, se encuentran el furano y derivados, hidrocarburos aromáticos policíclicos, aminos heterocíclicos aromáticos, monocloropropanodiol y acrilamida, entre otros (Jackson & Al-Taher, 2010).

La reacción de Maillard es responsable de las características organolépticas de algunos alimentos relativas al color, olor y sabor. Asimismo, es responsable de la formación de componentes con propiedades antioxidantes, mutagénicas e incluso carcinogénicas. (Jaeger *et al.*, 2010)

Formación de acrilamida vía Reacción de Maillard (RM)

La reacción de Maillard o reacción de pardeamiento químico o no enzimático, se produce entre el grupo amino de aminoácidos y grupo carbonilo de azúcares reductores (Stadler & Scholz, 2004); (Quan *et al.*, 2020) Los productos de las etapas iniciales de la reacción se denominan compuestos de Amadori y los productos finales melanoidinas que presentan color. Los productos de etapas avanzadas que se producen en el organismo se denominan productos de glicosilación avanzada (AGEs, siglas en inglés de Advanced glycation end products).

El esquema clásico de la RM tiene lugar en tres etapas (Figura 1):

Etapas inicial: el proceso comienza con la condensación entre un grupo amino libre de proteínas o procedente de ciertos aminoácidos, en el caso de la acrilamida el principal aminoácido implicado es la asparagina, y un grupo carbonilo que puede proceder de un azúcar reductor (glucosa o fructosa),

de compuestos producidos en la etapa intermedia de la reacción de Maillard o de compuestos carbonilo producidos en la oxidación lipídica. Dicha condensación, da lugar a una base de Schiff, que, por ciclación, se transforma en una glicosilamina N-sustituida, si el azúcar reductor es la glucosa. En medio ácido, el reordenamiento de la aldósilamina da lugar a 1,2-enaminol el cual está en equilibrio con el 1-amino-2-desoxicetosa N-sustituido compuesto denominado de Amadori. Las cetosas, como la fructosa, forman el denominado compuesto de Heyns.

Etapa intermedia: los productos de Amadori y Heyns se enolizan, desaminan, deshidratación, y fragmentan, produciendo compuestos con uno o más grupos carbonilo (C=O) incluyendo desoxiosonas, furfurales heterocíclicos, furanonas y piranonas. Estos compuestos a altas temperaturas reaccionan con un aminoácido en la denominada degradación de Strecker, y se producen la desaminación y descarboxilación del aminoácido para dar un aldehído y una α -aminocetona procedente del compuesto que aportaba el grupo carbonilo y dióxido de carbono. Los aldehídos de Strecker y las aminocetonas generan compuestos como el etanal (aroma y sabor afrutado y dulce), metilpropanal (aroma y sabor a malta), 2-feniletanal (aroma y sabor a flores y miel) y pirazinas (sabor a patatas fritas) que pueden contribuir sustancialmente al sabor y aroma de la comida y son, por lo tanto, muy deseables.

Etapa final: incluye la condensación aldólica, la condensación aldehído-amina y la formación de compuestos nitrogenados heterocíclicos. Como resultado de las reacciones de polimerización se forman las melanoidinas, responsables del color (Rannou *et al.*, 2016).

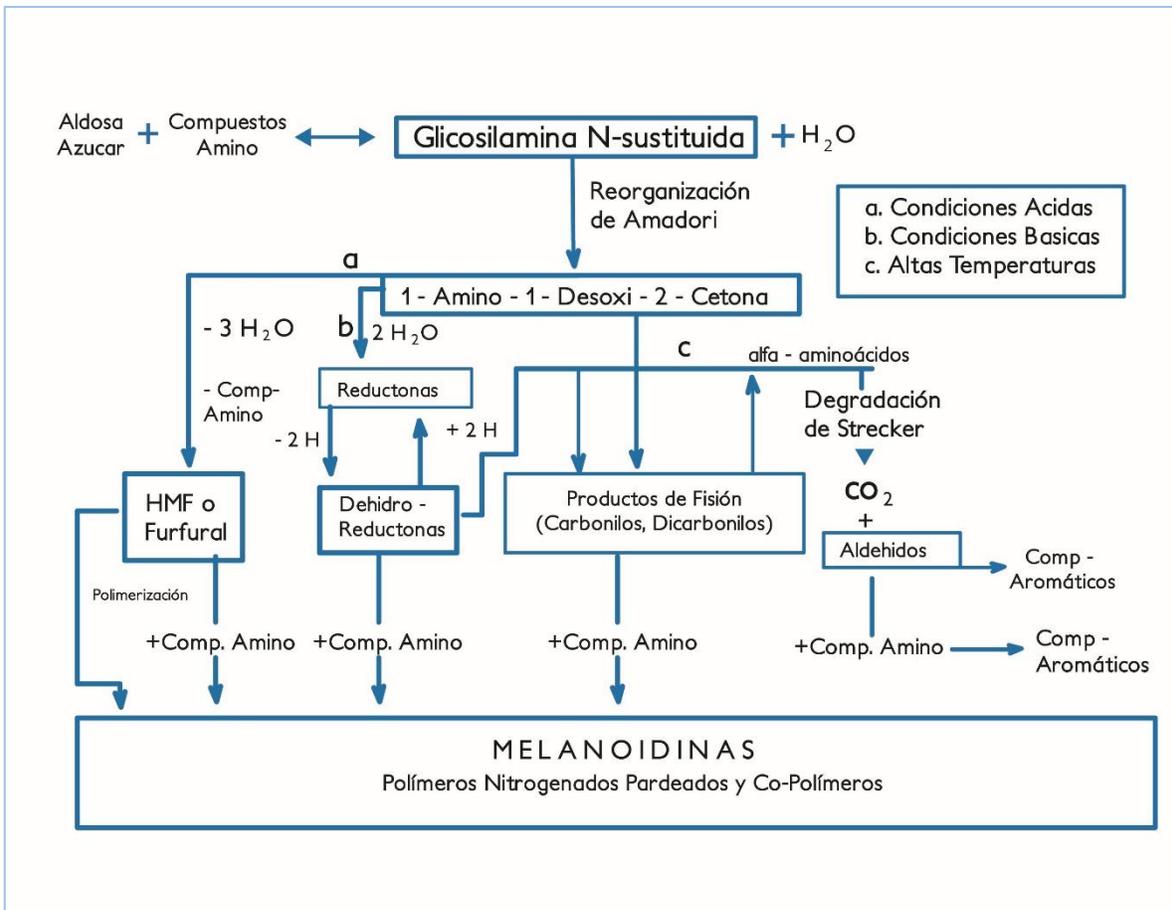


Figura 2. Esquema general clásico de la Reacción de Maillard

Se han propuesto varios mecanismos para la formación de acrilamida en alimentos. La vía principal de formación es la reacción de Maillard y la asparagina el principal aminoácido (Vural Gökmen & Şenyuva, 2007). El grupo amino de la asparagina reacciona con un compuesto carbonilo para producir una base de Schiff (Medeiros Vinci *et al.*, 2012)(Riboldi *et al.*, 2014); que puede generar acrilamida por varias rutas (figura 3) como la descarboxilación de la base de Schiff o la generación 3-aminopropamida (3-APA) y eliminación del amoniaco (Zyzak *et al.*, 2003)(Granvogl & Schieberle, 2006) reacciones favorecidas a altas temperaturas y bajos valores de humedad.

Por formarse durante el calentamiento a altas temperaturas, algunos autores incluyen a la acrilamida en los llamados “Contaminantes Neoformados” (NFC) (Birlouez-Aragon *et al.*, 2010) o dentro de los “contaminantes relacionados con el calentamiento” (Andres *et al.*, 2017).

Formación de acrilamida por vías alternativas

La formación de acrilamida a través de la reacción de Maillard, no es la única vía de formación, también es posible su formación a partir de lípidos calentados a temperaturas elevadas y a partir de aminoácidos (Xu *et al.*, 2014). La acroleína y el ácido acrílico pueden generar acrilamida, pero en

cantidades mucho más reducidas. Estos compuestos se producen a altas temperaturas por degradación de los triglicéridos; su reacción con el amoníaco producido por la degradación térmica de aminoácidos daría lugar a la formación de acrilamida (Yaylayan *et al.*, 2003). El ácido acrílico también puede producirse vía Maillard a partir del ácido aspártico (Stadler & Scholz, 2004). Los aminoácidos glutamina, cisteína y ácido aspártico también puede producir acrilamida, pero en cantidades poco relevantes (Krishnakumar & Visvanathan, 2014). Figura 3.

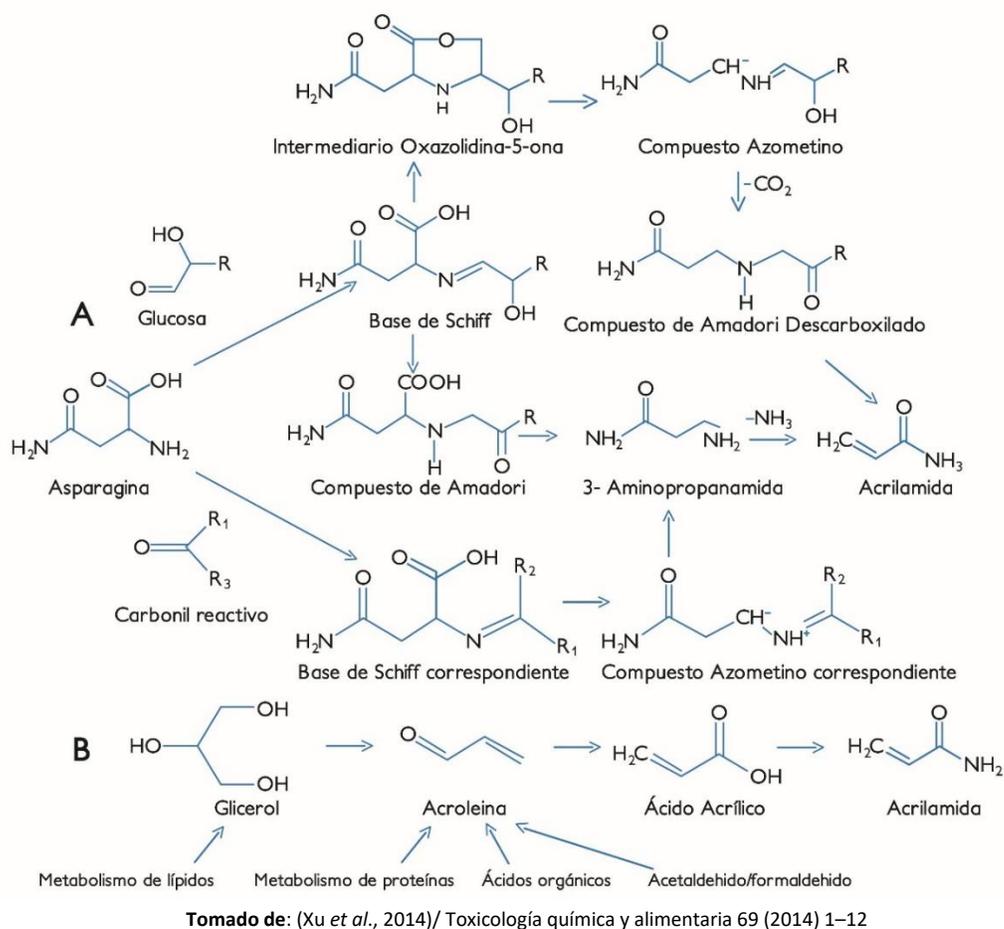


Figura 3. Vías para la formación de AA en los alimentos. (A) Vía principal de formación de AA. (B) Vía de formación de AA menor.

I.3.2. Factores que favorecen la formación de acrilamida

La temperatura y tiempo de calentamiento, el pH, el tipo, disponibilidad y concentración molar de los sustratos y el contenido en agua son parámetros que influyen en la formación de acrilamida (Krishnakumar T, 2014)(Maan *et al.*, 2020) (Amalie *et al.*, 2021).

La acrilamida se genera de forma natural en productos alimenticios que contienen almidón durante procesos de cocinado cotidianos a altas temperaturas (fritura, tostado, asado y también durante

procesos industriales a 120°C) y a baja humedad. La formación de AA alcanza un máximo cuando la temperatura es superior a 190 °C, exhibiendo una curva en forma de U invertida en patatas fritas. El contenido de acrilamida aumenta con el pH y con A_w reducida. La acrilamida no fue detectada en alimentos no tratados térmicamente ni en alimentos hervidos. El tratamiento térmico de almidón en autoclave produjo acrilamida.

Además de los factores exógenos, la presencia de precursores en los alimentos es indispensable para la formación de AA. Estos incluyen aminoácidos (como asparagina libre, alanina, arginina, ácido aspártico, cisteína, glutamina, metionina, treonina y valina) y mono y disacáridos (como azúcares reductores glucosa y fructosa) e incluso sacarosa (hidrolizada durante el tratamiento térmico). Los niveles finales de los precursores de AA varían según la especie y cultivos, sistemas agrícolas, tiempo de cosecha y tiempo y temperatura de almacenamiento (Pedreschi *et al.*, 2014)(Zhang & Zhang, 2007). Para los productos de patata, dado que la asparagina y la glutamina son abundantes, los precursores limitantes son los azúcares reductores, cuyas cantidades dependen de la temperatura de almacenamiento; a 4°C, temperatura de almacenamiento convencional, el contenido en azúcares reductores aumenta (Medeiros Vinci *et al.*, 2012). Para los cereales, el precursor limitante es la asparagina (Yaylayan & Stadler, 2005) y para el café la asparagina y la sacarosa son abundantes, durante el tostado y la sacarosa se hidroliza en los azúcares reductores glucosa y fructosa. Sin embargo, bajo las mismas condiciones de tostado, diferentes granos de café producen diferentes niveles de AA (Bagdonaite *et al.*, 2008). Para las almendras, ambos precursores de AA están presentes en niveles apreciables; por lo tanto, los niveles de AA en almendras varían principalmente dependiendo de los cultivares (Amrein *et al.*, 2003).

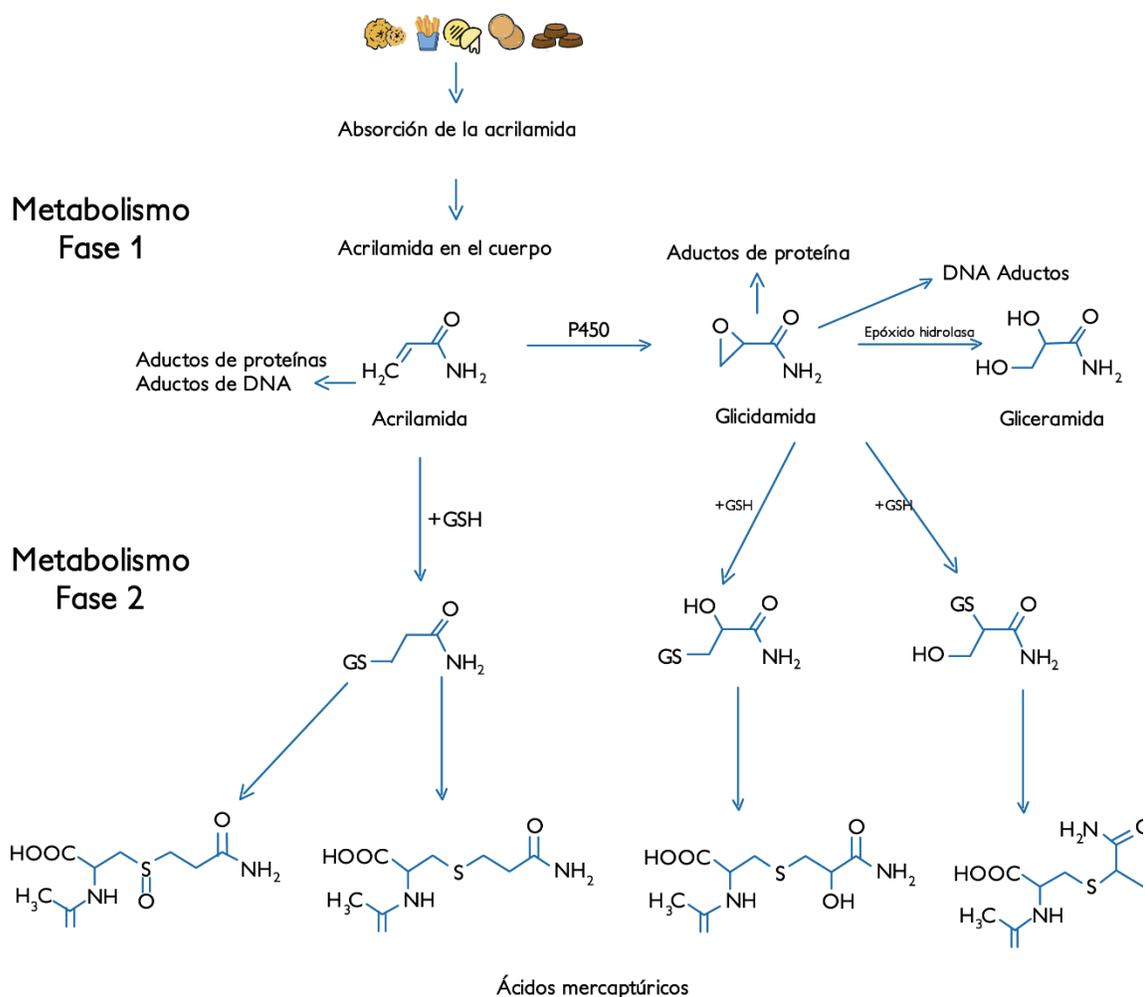
I .3.3. Metabolismo y toxicidad

La acrilamida es rápidamente absorbida y distribuida por la sangre a los tejidos periféricos como musculo, hígado, corazón, cerebro, riñón y piel. Tiene la capacidad de atravesar la barrera placentaria y también se detecta en pequeñas cantidades en la leche materna (Koszucka *et al.*, 2019). La mayor concentración de acrilamida se encuentra en los eritrocitos.

Se metaboliza por dos vías principales: en la primera se conjuga con N-acetil-S-(3-amino-3-oxopropil) cisteína por la Glutación-S-Transferasa (GST); en la segunda, como parte del proceso de desintoxicación hepática, se convierte en glicidamida, compuesto muy reactivo con actividad genotóxica. Al menos el 6% de la AA ingerida se convierte en el epóxido "glicidamida" (Koszucka *et al.*, 2019).

Tanto la acrilamida como la glicidamida podrían sufrir reacciones de desintoxicación y conjugarse con el Glutation, que es el sustrato principal para la formación de metabolitos de ácidos mercaptúricos (Rifai & Saleh, 2020) Estos y la glicidamida son sus principales metabolitos urinarios y se han propuesto como biomarcadores de la exposición. Una pequeña fracción se excreta en heces y otra se exhala. Tanto la glicidamida como la acrilamida se unen covalentemente a la valina terminal de la hemoglobina y forman aductos que se han utilizado como bioindicadores o marcadores de exposición (Rifai & Saleh, 2020). También la glicidamida puede ser metabolizada por la enzima epóxido hidrolasa a gliceramida o conjugarse con ácido desoxirribonucleico (ADN). El conocimiento del modelo farmacocinético de la absorción, distribución, metabolismo y eliminación (ADME) de AA

ha facilitado las comparaciones de dosimetría interna para evaluación de riesgos de neurotoxicidad y carcinogenicidad y predecir los riesgos extrapolados de humanos a animales (EFSA, 2015). En la figura 4 se pueden observar la metabolización de la acrilamida.



Tomado y adaptado de: Rifai & Saleh, 2020

Figura 4. Fases metabólicas de la Acrilamida

La toxicidad de la AA comienza por un desbalance en la relación agente biológico oxidante/antioxidante que desencadena estrés oxidativo, destrucción celular de macromoléculas y muerte celular vía apoptosis (Koszucka *et al.*, 2019). Experimentación en animales han demostrado que la AA puede tener propiedades neurotóxicas, genotóxicas y cancerígenas (Jackson & Al-Taher, 2010). Se considera que es un compuesto neurotóxico acumulativo tanto en roedores como en humanos, que inhibe la diferenciación celular del neuroblastoma humano y se ha encontrado en casos de enfermedad ocupacional. Los síntomas incluyen ataxia periférica, debilidad del músculo

esquelético, pérdida de peso, hinchazón distal y degeneración de los axones del sistema nervioso central y periférico.

La Agencia Internacional para la Investigación para la Investigación del Cáncer (IARC) declaró en 1994 a la acrilamida como un probable agente carcinogénico en los seres humanos (Grupo 2A) y el Programa Nacional de Toxicología de EE. UU la declaró "razonablemente anticipado como carcinógeno humano". La formación de glicidamida y la formación de aductos estables al ADN, durante el metabolismo de la AA, son mecanismos que explican la carcinogénesis debido a sus propiedades genotóxicas (Koszucka *et al.*, 2019). Hasta la fecha los resultados sobre experimentación en humanos no son concluyentes.

Aunque la AA se metaboliza en el hígado la investigación sobre hepatotoxicidad es escasa. Se ha relacionado con daños en el hígado por estrés oxidativo a dosis altas. Una dosis de AA de 25 mg/kg administrada a ratas adultas, provocó un aumento a nivel sérico de las enzimas hepáticas y una disminución de la superóxido dismutasa y catalasa. La experimentación en ratas, tratadas con AA, ha mostrado una alteración de marcadores oxidativos a nivel hepático que fueron reestablecidos si se suplementaban previamente con ácido alfa-lipoico (ALA)(Al-Qahtani¹, 2017). La información sobre efectos adversos en el sistema inmune es limitada (Rifai & Saleh, 2020).

Por otra parte, la acrilamida es considerada una disruptor endocrino. Estudios en animales, han demostrado una reducción de los ovocitos, afectación de la fertilidad y de la función testicular y un crecimiento celular en machos. Así mismo, se ha observado un ligero efecto sobre el eje hipotálamo-pituitaria-tiroides (HPT) pero solo se han encontrado asociaciones entre metabolitos urinarios con leves disminuciones de T4 y no se reporta correlación con el peso corporal de ratones hembra. Se requieren más estudios para establecer efectos, mecanismos de acción molecular y las consecuencias para la salud humana (Matoso *et al.*, 2019). En roedores se han demostrado efectos adversos de AA tales como reducción del número de espermatozoides y afectación de la morfología de los testículos con un valor (NOAEL) (Nivel sin Efectos Adversos Observados) de aprox. 2mg/kg de peso corporal/día. También se han identificado, en estudios realizados en ratas expuestas gestacional y neonatalmente, signos de toxicidad en el desarrollo como aumento leve del peso corporal, cambios histológicos en el sistema nervioso central y efectos neuroconductuales (NOAEL de 1,0 mg/kg de peso corporal/día)(EFSA, 2015).

Basándose en la genotoxicidad, la cual implica que la ingesta de AA y sus metabolitos puede dañar de forma potencial el ADN y causar la aparición de cáncer, la EFSA refiere no poder establecer una Ingesta Diaria Tolerable (TDI) de la acrilamida aportada por los alimentos. En su lugar, estimó a partir de los datos disponibles el rango de dosis en que la AA presenta una mayor probabilidad de causar una pequeña pero importante incidencia de tumores (efectos neoplásicos) u otros efectos adversos potenciales (no neoplásicos) de tipo neurológico, en el desarrollo pre y postnatal y efectos sobre la reproducción masculina. Para ello, analizó la dosis de referencia (BMD, Benchmark Dose) sobre datos de neurotoxicidad y sobre incidencia de tumores inducidos por AA en animales de experimentación. Seleccionó el valor de 0,43 mg/kg de peso corporal/día, derivado como el BMDL₁₀

(límite inferior de la dosis de referencia para una respuesta del 10%) sobre incidencia de degeneración axonal del nervio periférico en ratas macho expuestas a AA en agua potable durante dos años. Así mismo, para efectos neoplásicos, seleccionó como punto de referencia el valor de 0,17 mg/kg de peso corporal/día, derivado como el BMD₁₀ más bajo a partir de datos sobre incidencias de adenomas y adenocarcinomas de las glándulas de Harder en ratones macho, expuestos a AA durante dos años (EFSA, 2015)

El Comité Mixto FAO/OMS de Expertos en Aditivos Alimentarios (JECFA) recomienda aplicar un margen de exposición (MOE) a un contaminante químico como lo es la AA. Su estimación aporta un indicio sobre el grado de preocupación, en cuanto a seguridad, que debe tenerse frente a la presencia de la sustancia en el alimento. El MOE es la relación entre el valor de BMDL₁₀ y la exposición dietética estimada (valora el consumo y la concentración del compuesto en el alimento) para la población (World Health Organization, 2011).

En el caso de carcinógenos genotóxicos, valores de MOE inferiores a 10000 se asocian con peligros. Esta metodología se constituye como el modelo más ampliamente usado en alimentos que permite identificar la variabilidad en las estimaciones de exposición a largo plazo y predecir el riesgo asociado (Lee & Kim, 2020). La EFSA ha evaluado más de 40.000 resultados de AA aportados por los países miembros y ha concluido que, aunque no se ha demostrado epidemiológicamente que la acrilamida sea un carcinógeno humano, el margen de exposición (MOE) supone una preocupación respecto a efectos neoplásicos basados en modelos animales (EFSA, 2015).

Las estimaciones de la exposición alimentaria total a AA varían de país en país por los cambios de patrones de dieta y por las contribuciones variables de alimentos específicos en el consumo de AA (Abt *et al.*, 2019). La EFSA, en su opinión científica de 2015, resalta la influencia que las prácticas culinarias utilizadas en el cocinado casero tienen en la exposición a acrilamida y e indican que los valores de exposición para niños suelen ser mayores no solo por tener pesos corporales más bajos sino por el tipo de alimentos que consume (EFSA, 2015).

I.3.4. Presencia de acrilamida en alimentos

La acrilamida se forma principalmente en alimentos hidrocarbonados y/o presencia de sustratos como asparagina libre, azúcares reductores, condiciones de temperatura superiores a 120°C y baja humedad; por ejemplo, durante la fritura, asado, rostizado y horneado; por tanto, no se encuentra en alimentos crudos o hervidos (Tareke *et al.*, 2002) (figura 5). Los factores determinantes de la formación de AA durante el procesamiento son: tipo, cantidad y calidad de ingredientes (materias primas); intensidad del tratamiento térmico (tiempo y temperatura), contenido de agua (actividad de agua), espesor del producto y pH. De manera adicional las concentraciones y proporción de acrilamida como azúcares reductores y asparagina disponibles en la formulación son determinantes (Kaneghah *et al.*, 2020).



Adaptada a partir de: " How acrylamide forms in food" -EFSA

Figura 5. formación de AA en alimentos

Desde que la Agencia Alimentaria Sueca y la Universidad de Estocolmo alertó, en el año 2002, sobre la presencia de acrilamida en alimentos y la importancia de reconocer sus niveles, se han desarrollado investigaciones que han llevado a concluir que existe una amplia variedad de alimentos y productos que contienen este componente y que forman parte habitual de la dieta de las poblaciones. Los primeros hallazgos se centraron en alimentos ricos en almidón, específicamente patatas fritas, croquetas de papa y pan por sus altos niveles de acrilamida ya que poseen precursores implicados en la RM. Se correlacionó este compuesto con el grado de pardeamiento y con el contenido de asparagina. Café, sustitutos de café y chocolate, aunque tienen cantidades más bajas de acrilamida, por su alto consumo pueden contribuir de manera importante a la exposición. Generalmente los datos de un mismo alimento son variables, lo cual dificulta la estimación a las exposiciones. En carnes no se detectó o se detectaron niveles muy bajos (Stadler & Scholz, 2004, (Lineback *et al.*, 2012)

La información de datos sobre contenido de acrilamida se puede consultar en bases públicas. La Administración de Drogas y Alimentos de los Estados Unidos (FDA) ha determinado acrilamida en muestras de alimentos en el marco del Estudio de dieta total (TDS) entre los años 2002 y 2004. Posteriormente, como seguimiento, las determine en aprox. 2500 muestras de alimentos más. Por su parte la Autoridad Europea de Seguridad Alimentaria (EFSA) ha recopilado niveles de acrilamida durante un periodo de tres años (2007-2009) y luego hasta el 2012 con fines de seguimiento con el fin de proponer procesos de mitigación. También se han desarrollado herramientas para su mitigación como la "Acrylamide Toolbox" (EFSA, 2019).

En la tabla 2 se muestran niveles de acrilamida, expresados por rangos, de las categorías de alimentos más asociados con este compuesto, tomados de la base de datos consolidados por organismos como EFSA, FDA y del metaanálisis realizado con 47 análisis y 230 estudios que analizaban el contenido medio de AA aportados.

Tabla 2. Niveles de acrilamida reportados en la literatura para diferentes categorías y/o alimentos

Categoría de alimentos	Distribución de los niveles de acrilamida. Valor medio (LI-LS) µg/kg-EFSA 2015 ¹	Categoría de alimentos	Intervalo de valores de acrilamida Alimentos-µg/kg FDA-2015 ²	Categoría de alimentos	Cantidad media µg/kg (Kaneghah et al., 2020) ³
Productos de patatas fritas (Excepto snacks)	308 (303-313)	Papas fritas y otros alimentos a base de papa	<10-1440	Alimentos a base de patatas	740
Patatas tipo snacks crujientes	389 (388-389)	Patatas fritas	<10-8440		
Pan suave	42 (36-49)	Pan y productos de panadería	<10-70	Pan	133
Cereales para el desayuno	161 (157-164)			Cereales para el desayuno	263
Galletas, crackers, panes crujientes y similares	265 (261-269)	Galletas y barras de cereal	<10-1440	Galletas	116
Café (deshidratado)	522 (521-523)	Café (molido, no elaborado)	70-1080	Café	235
Café tostado	249 (248-251)				
Café instantáneo	710				
Sustitutos de café	1499				
Alimentos infantiles, otros a base de cereales	24 (17-31)	Alimentos infantiles	<10-420	Alimentos infantiles	156
Alimentos procesados infantiles a base de cereal	73 (70-76)	Cereales	<10-1210	Alimentos a base de cereal	59,5
Otros productos basados en patatas, cereales y cocoa	97 (92-11)			Chocolate	234
Tortas y pastelería	66 (61-71)			Tortas	75,7
				Alimentos fritos	329
		Dulces y edulcorantes	<10-2610	Postres	109
		Nueces y frutos	<10-500	Frutos secos	20,4
		Leguminosas (frijoles)	<10-160		

Categoría de alimentos	Distribución de los niveles de acrilamida. Valor medio (LI-LS) µg/kg- EFSA 2015 ¹	Categoría de alimentos	Intervalo de valores de acrilamida Alimentos- µg/kg FDA-2015 ²	Categoría de alimentos	Cantidad media µg/kg (Kaneghah et al., 2020) ³
		Bebidas diferentes al café	<10-200		
		Snacks	<10-3060		
		Chips de tortilla	<10-610		
		Entradas congeladas y snacks	<10-40		
		Sopas	<10-260		

¹ EFSA. 2015. "Scientific Opinion on Acrylamide in Food." EFSA Journal 13 (6). <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2015.4104>.

² <https://www.fda.gov/food/chemical-contaminants-food/survey-data-acrylamide-food>

³ Mousavi Khaneghah, A, Y Fakhri, A Nematollahi, F Seilani, and Y Vasseghian. 2020. "The Concentration of Acrylamide in Different Food Products: A Global Systematic Review, Meta-Analysis, and Meta-Regression." Food Reviews International, 1–19. <https://doi.org/10.1080/87559129.2020.1791175>

I.3.5. Metodología de determinación de AA

La acrilamida se determina mediante el empleo de diferentes técnicas analíticas como Cromatografía Líquida de alta Eficiencia (HPLC, por sus siglas en inglés), Cromatografía de Gases (GC) y la Cromatografía Líquida de ultra alto rendimiento (UPLC), la cual tiene mayor sensibilidad analítica y un tiempo de análisis más corto (Zhang *et al.*, 2007) acoplados a espectrometría de masas como sistema de detección. Los valores de acrilamida se suelen expresar en µg/Kg, ng/g o ppb; en algunos casos, en bebidas se expresa en µg/L.

En la tabla 3 se pueden visualizar los datos, aportados por algunas investigaciones, sobre los contenidos de acrilamida en alimentos y preparaciones tradicionales reportados para diferentes países.

Tabla 3. Determinación de AA en alimentos y/o preparaciones tradicionales de diferentes países

País	Método	Alimentos analizados	Niveles encontrados	Referencia
Estados Unidos	LC-MS/MS	2517 muestras (1309 en 2011 y 1208 en 2015 que incluían alimentos infantiles, pan y productos de panadería, cereales para el desayuno, café, café soluble, galletas y barras de granola, crackers, patatas francesas, chips de papa, pretzeles, chips de tortilla	Valores medios : Alimentos infantiles (165µg/kg), pan y productos de panadería (14,7µg/kg), cereales para el desayuno (207,3 µg/kg), café (5µg/kg), café soluble (272,4 µg/kg), galletas y barras de granola (181,8 µg/kg), crackers (203,3 µg/kg), patatas francesas (206 µg/kg), chips de papa (498,2 µg/kg), pretzel (138,5 µg/kg), chips de tortilla (220,2 µg/kg).	(Abt <i>et al.</i> , 2019)
Países del Caribe	(GC/MS)	100 muestras de alimentos del Caribe. Incluyen galletas, cereales para el desayuno, chips de plátano y alimentos preparados en casa: árbol del pan asado panapén; Artocarpus altilis, buñuelos de plátano y albóndigas fritas.	Los intervalos de valores encontrados fueron: galletas, pan, tostadas: 70–2090 µg/kg; cereales para desayuno:115-700 µg/kg; chocolate en polvo:75–330 µg/kg; café:1590–3410 µg/kg; patatas chips:105–115 µg/kg; aves rebozadas: 440; µg/kg; albóndigas: 2440-3360 µg/kg; buñuelos de plátano: 1090 µg/kg	(Bent <i>et al.</i> , 2012)
Brasil	LC-MS/MS	111 muestras que representan 6 categorías: productos de patata, productos de casabe, productos de trigo, productos de maíz, café y derivados, bebidas y cerveza) adquiridas en restaurantes de comida rápida y restaurantes, en Campinas, SP, Brasil (septiembre de 2004 y abril de 2006)	La concentración de acrilamida en las muestras osciló entre <20 (cerveza) y 2528 mg / kg ⁻¹ (patatas fritas a la francesa). Las concentraciones más bajas se detectaron en productos a base de yuca y maíz, pan y cerveza. Alimentos a base de yuca y maíz tienen bajos niveles de AA.	(Arisseto <i>et al.</i> , 2007)
Brasil	LC-MS/MS	Patatas francesas, patatas chips, patata "palha", productos de yuca fritos, productos de harina de yucas frita, galletas de almidón de yuca, hojuelas de maíz, galletas, galletas cracker crema, pan crujiente, pan francés, pan de perro caliente, pan italiano, pan de bisnaguina, café.	Los alimentos que más contribuyeron a la exposición a la acrilamida fueron las patatas chips (591µg/kg) papas fritas (264 µg/kg), galletas de agua y sal (181µg/kg) y el café (174 µg/kg). Yuca frita, pan blanco y pan italiano presentaron <20 µg/kg.	(Arisseto <i>et al.</i> , 2009)

País	Método	Alimentos analizados	Niveles encontrados	Referencia
Arabia Saudita	LC-MS/MS	28 alimentos, alimentos y fórmulas infantiles: preparaciones tradicionales agrupadas en 12 categorías: 1) Patatas, 2) Maíz y extruidos, 3) Preparaciones de berenjenas, 4) Variedad de panes árabes, 5) Galletas con azúcar, 6) Otros tipos de galletas, 7) Pescados, 8) Dulces, 9) Palma datilera, 10) Bebidas de café, 11) Fórmulas lácteas infantiles, 12) Alimentos infantiles en polvo para bebé	1) Patatas ($206 \mu\text{g Kg}^{-1}$), 2) Maíz y extruidos ($272\text{-}319 \mu\text{g Kg}^{-1}$), 3) Preparaciones de berenjenas ($950 \mu\text{g Kg}^{-1}$), 4) Variedad de panes árabes ($40\text{-}90 \mu\text{g Kg}^{-1}$), 5) Galletas de azúcar ($220 \mu\text{g Kg}^{-1}$), 6) Otras galletas ($40\text{-}350 \mu\text{g Kg}^{-1}$), 7) Pescados ($17\text{-}35 \mu\text{g Kg}^{-1}$), 8) Dulces ($40\text{-}170 \mu\text{g Kg}^{-1}$), 9) Palma datilera ($90 \mu\text{g Kg}^{-1}$), 10) Bebidas de café ($210\text{-}820 \mu\text{g Kg}^{-1}$), 11) Fórmulas lácteas infantiles ($3.4\text{-}60 \mu\text{g Kg}^{-1}$), 12) Alimentos infantiles en polvo para bebé ($10\text{-}30 \mu\text{g Kg}^{-1}$)	(El-Ziney <i>et al.</i> , 2009)
Siria	UPLC-MS	63 muestras de productos comerciales de patata fritos, productos de maíz, galletas, cereales para el desayuno, pan y café. Adicionalmente se analizaron platos tradicionales sirios.	Productos de patata ($396 \pm 3,59 - 1844 \pm 5,29 \mu\text{g kg}^{-1}$) y la menor en productos de maíz ($183 \pm 2,64 - 366 \pm 4,58 \mu\text{g kg}^{-1}$). Le siguieron las galletas ($57 \pm 2,64 - 1433 \pm 2,51 \mu\text{g kg}^{-1}$), cereales para el desayuno ($121 \pm 8,73 - 245 \pm 3,60 \mu\text{g kg}^{-1}$), pan ($119 \pm 1,73 - 263 \pm 3,60 \mu\text{g kg}^{-1}$) y luego café ($113 \pm 2,64 - 64 \pm 3,05 \mu\text{g kg}^{-1}$) AL-Mshabak ($481 \pm 2,08 \mu\text{g kg}^{-1}$) y AL-Awamat ($421 \pm 2,64 \mu\text{g kg}^{-1}$)	(Alyousef <i>et al.</i> , 2016)
China	LC-MS/MS	123 muestras de alimentos seleccionadas de China: pasta de soya, carne procesada, noodles y rollos de arroz; carne cocida, Nuez salteada, Galleta de oblea de pan tostado, pastel de arroz asado, bizcocho tostado, bocadillo de harina frita, corteza de arroz frito, tiras de gambas fritas, patatas fritas, cereales de desayuno, patatas fritas, café expreso Chocolate, Pizza, carne picada, tocino frito.	Los niveles más altos de acrilamida se encontraron en productos fritos, como patata ($604,3 \mu\text{g/kg}$), tiras de langostino ($341,4 \mu\text{g/kg}$) y tiras o cortezas de arroz ($201,5 \mu\text{g/kg}$). Los alimentos ricos en proteínas calentados también mostraron contenidos de acrilamida (entre $2,31$ y $78,57 \mu\text{g / kg}$).	(Y.-H. Chen <i>et al.</i> , 2012)

País	Método	Alimentos analizados	Niveles encontrados	Referencia
Australia	GC-MS/MS	94 alimentos sólidos y bebidas fueron analizados	Patatas fritas (hasta 373 µg/kg), palomitas de maíz en microondas (320 µg/kg), galletas saladas (hasta 230 µg /kg), galletas dulces (220 µg/kg), papas precocidas fritas (215 µg/kg) y papas al horno (212 µg/kg), Carne picada de res magra frita (concentración media 239 µg/kg) aceitunas preenvasadas (328 µg/kg), cebollas frescas, fritas (230 µg/kg), bebida energética con sabor a chocolate (221 µg/kg), espárragos a la parrilla (212 µg /kg), frijoles horneados (140 µg/kg) y jugo de ciruela (128 µg/kg)	(Food Standards Australia New Zealand, 2014)
Bélgica	Cromatografía Líquida-Espectrometría de Masas (LC-MS)-ISO 17025	771 muestras (periodo 2002-2007) y 954 (periodo 2008-2013). Incluían alimentos listos para consumo (cereales para el desayuno, tortas, galletas, barras de cereal, café, sustitutos de café) y muestras de patatas fritas francesas elaboradas en cocinas comunitarias y restaurantes	Valores promedio durante periodo 2002-2013: Cereales para el desayuno: 163 ± 155 µg / kg; patatas chips: 525 ± 477 µg/kg; café molido: 277 ± 33 µg / kg; café soluble: 694 ± 81 530 µg /kg; sustitutos de café: 2814 ± 1045 µg /kg; pan y rollos: 34 ± 40 µg / kg; tostadas: 130 ± 109 100; galletas: 154 ± 217 µg/kg; chocolate: 129 ± 153 µg / kg; barra de cereal: 88 ± 116 µg/kg; maíz pira: 220 ± 187 µg / kg; galletas infantiles: 155 ± 218 µg / kg pan jengibre: 431 ± 455 320 µg / kg	(Claeys <i>et al.</i> , 2016)
Croacia	LC-MS / MS	100 muestras de pan elaborado con trigo, centeno, maíz y mezclas.	Antes de aplicación medidas: <(LOQ) a 237 µg /kg Después aplicación de medidas: <(LOQ) a 42 µg /kg	(Andačić <i>et al.</i> , 2020)
Chipre	UPLC-MS/MS	406 muestras de café enriquecido, patatas fritas, cereales para el desayuno, galletas y pan crujiente	Intervalo (promedio muestras positivas) patatas fritas: 10–2193 (642) µgkg ⁻¹ ; las patatas francesas: 10–2450 (383) µgkg ⁻¹ ; café: 78.0–543 (305) µgkg ⁻¹ , cereales para el desayuno: 10–520 (137) µgkg ⁻¹ ; pan suave: 10–163 (41) µgkg ⁻¹ ; pan crujiente y galletas saladas: 10–254 (286) µgkg ⁻¹ , galletas: 10–1124 (353) µgkg ⁻¹	(Kafouris <i>et al.</i> , 2018)

País	Método	Alimentos analizados	Niveles encontrados	Referencia
República de Macedonia del Norte	UPLC-MS/MS	160 muestras pertenecientes a 7 grupos de alimentos que incluían: pan; galletas, waffles y tortas; crujientes; patatas fritas, cereales para el desayuno, patatas a la francesa)	Los niveles promedio de AA variaron de 126,9 ± 122,4 µg / kg para muestras de pan a 494,5 ± 127,1 µg / kg para muestras de papas fritas	(Dimitriesk a-Stojkovikj <i>et al.</i> , 2019)
Polonia	GC-MS/MS	1827 raciones de alimentos consumidos por adolescentes que incluyeron patatas francesas, crujientes de patata, hojuelas de maíz, pan, palitos salados	Valores medios: Patatas francesas :294 µg/kg Patatas chips: 699 µg/kg Hojuelas de maíz: 192 µg/kg Palitos salados: 292 µg/kg Pan: 51 µg/kg	(Wyka <i>et al.</i> , 2015)
Suiza	(GC-MS) con ionización química (CI)	Se recogieron 71 muestras de personas que cocinaron Rösti, un plato de patatas fritas.	El contenido medio de acrilamida fue de 709 µg / kg.	(McCombie <i>et al.</i> , 2016)
Francia	HPLC-MS	192 muestras de Patatas fritas a la francesa, pan y derivados, galletas saladas, galletas y postres dulces, café molido, café soluble, pollo apanado, galletas de chocolate, tortas y postres dulces, pizza, frutas trituradas y cocidas.	Valores medios de acrilamida: Papa chips: (954 µg/kg); patatas a la francesa: (724 µg/kg); galletas saladas (697 µg/kg); pan y derivados: (34 µg/kg); café instantáneo: (74 µg/kg); café molido: (37µg/kg); chocolate: (80 µg/kg); galletas de chocolate: (139 µg/kg); tortas y postres dulces:(26 µg/kg); pescado apanado: (11 µg/kg); pizza: (41 µg/kg); frutas trituradas y cocidas: (2 µg/kg)	(V. Sirot <i>et al.</i> 2012)
España	HPLC-MS	113 frituras rebozadas proporcionadas por los productos cárnicos (jamón y queso, nuggets de pollo), productos pesqueros (barritas de pescado, filetes de pescado), mariscos (anillos de calamar), verduras (anillos de cebolla) y masas (croquetas)	Los valores promedio se encontraron entre 23,8 a 130,4 µg/kg	(Mesias, Delgado-Andrade, & Morales, 2020)
España	HPLC-MS	Papas fritas preparadas en comedores escolares de primaria	(<20–1068 µg/kg) media: (303 µg/kg)	(Mesias <i>et al.</i> , 2020)
España	HPLC-MS	Café de máquinas expendedoras	7,7 a 40,0 µg/L (media: 20µg/L)	(Mesías & Morales, 2016)
Rumania	HPLC-MS/MS.	Café, patatas chips, pretzel, pan	Valores promedio :café:199 µg / kg; patatas chips:134 µg / kg; pretzel: 120; pan: 14 µg / kg	(Pogurschi <i>et al.</i> , 2021)

I.3.6 Alimentos de la dieta colombiana asociados con la formación de acrilamida

Los alimentos hidrocarbonados tratados térmicamente constituyen una base esencial de la alimentación de Colombia. Las hojas de balance del país refieren que el 65% de la energía disponible es aportada por este grupo de alimentos y se distribuye de la siguiente forma: el 24.3% procede de cereales, el 8% de raíces, tubérculos y plátanos; el 2% de leguminosas, el 23% de azúcares; 1% de semillas oleaginosas y frutos secos; 8% de frutas; el 1% de hortalizas y el 1% de bebidas estimulantes. El aporte de energía procedente de grasas y aceites es del 14%; de alimentos proteicos (carnes, huevos y leche y derivados) el 15%; y el 2% procede de bebidas alcohólicas.

Los alimentos prioritarios recogidos en las hojas de balance son el azúcar, panela, maíz, arroz blanco, plátano, yuca, papa, café y cacao (ICBF, 2013). Estos alimentos fueron recogidos dentro del grupo de los de mayor consumo por la encuesta ENSIN, 2015, junto con pan, pasta, galletas y arepas (ICBF, 2020). Los datos de la composición de estos alimentos se recogen en la tabla 4. (Tabla de Composición de alimentos colombianos. (ICBF, 2018)

Tabla 4. Composición proximal de materias primas colombianas de uso frecuente.

Nombre	Humedad	Energía (kcal)	Proteína (g)	Lípidos (g)	Carbohidratos totales (g)	Fibra (g)	Cenizas (g)
Harina de maíz blanca ¹	12	380	9,1	3,7	73,9	7,5	1,3
Harina de maíz amarilla ¹	10,1	386	7,7	3,3	77,6	7,3	1,2
Harina de Trigo ²	13	360	11	4,1	69	1,5	2,2
Arroz, blanco, crudo	12,3	353	6,7	0,4	80,1	1	0,5
Papa, sabanera ³	79,7	80	2,2	0,1	16,9	1,6	1,1
Papa pastusa ⁴	77,7	89	2,1	0,1	18,9	1,8	1,1
Papa criolla ⁵	75,4	95	2,2	0,1	21,1	0,6	1,2
Plátano hartón ⁶	67,2	132	1,1	0,2	30,3	2,3	1,2
Plátano, hartón verde ⁷	58,5	166	1,2	0,2	39,3	1,2	0,8
Yuca blanca ⁸	60,9	159	0,9	0,3	37,4	1,8	0,6
Chocolate ⁹	3,1	466	3,6	16,6	75,5	-	1,2
Panela	7,5	364	0,6	0,1	90,2	0	1,5
Café soluble ¹⁰	3,1	355	13	0,4	74,7	0	8,8
Café tostado ¹¹	2,1	479	14,2	12,3	67,5	20,5	3,9

¹Precocida; ²fortificada todo propósito cruda; ³variedad cerosa sabanera, con cáscara cruda; ⁴variedad harinosa, pastusa con cascara cruda; ⁵variedad harinosa, criolla, con cáscara, cruda; ⁶hartón maduro crudo; ⁷hartón verde, crudo; ⁸sin cáscara, cruda; ⁹en pastillas, con azúcar; ¹⁰en polvo; ¹¹molido.

Maíz

El maíz comercializado en Colombia recibe las siguientes denominaciones: duro, blando, córneo, harinoso y dulce reventón, según la composición especialmente de almidón. De acuerdo con su color se producen dos tipos: el blanco (60%), destinado principalmente para alimentación humana y el amarillo (40%) para alimentación animal, y en proporción muy baja, para alimentación humana. En otros lugares de Latinoamérica existen otras variedades pigmentadas (rojo, negro, morado), ricas en compuestos fenólicos, de bajo consumo en Colombia.

Las partes principales de los granos son el endospermo, que incluye almidón y una pequeña proporción de proteína, mayoritariamente prolaminas; el germen que almacena un 30% de grasa y el pericarpio que contiene algunas vitaminas del grupo B y fibra. Adicionalmente, los granos enteros de maíz contienen compuestos bioactivos como son polifenoles, carotenoides, vitaminas y fibra dietética (Blandino *et al.*, 2017).

El maíz contiene los precursores de AA, azúcares reductores y asparagina. Los contenidos en asparagina libre alcanzan valores de 420 mg/kg en maíz blanco y de 470 mg/kg en maíz amarillo. Estos contenidos disminuyen tras los tratamientos térmicos. Los valores iniciales fueron superiores al de los maíces azules y rojos (Žilić *et al.*, 2020). Todas las variedades de maíz estudiadas contenían cantidades significativamente más altas de azúcares reductores y azúcares totales (en promedio 1,25% y 2,36%, respectivamente) que las variedades de cereales de grano pequeños (Žilić *et al.*, 2017).

La formación de AA en productos de maíz se ha evaluado en tortillas preparadas con harinas de maíz blanco, negro, rojo, morado y amarillo nixtamalizadas (maíz tratado con óxido de calcio). Los genotipos pigmentados de maíz tienen menor probabilidad de formar AA. La tortilla de chips de harina de maíz amarillo registró el valor más alto de AA (1700 µg/kg) en tanto que la preparación equivalente, elaborada con harina de maíz blanco registró el valor más bajo de AA (600 µg/kg) (Delgado *et al.*, 2016). Además, se reportó que las galletas elaboradas con maíz rojo, con bajos niveles de Asn, presentaron menores niveles de AA con respecto a las elaboradas con otros tipos de cereales (Žilić *et al.*, 2020). Los valores de AA en palomitas de maíz fueron de 452 µg/kg y en chips de maíz 253 µg/kg (Pacetti *et al.*, 2015).

Arroz

El arroz blanco aporta esencialmente calorías procedentes de carbohidratos complejos, tipo almidón. El perfil de aminoácidos del arroz muestra altos contenidos de ácido glutámico y aspártico, en tanto que la lisina es el aminoácido limitante (FAO, 2004). Posee los minerales magnesio, fósforo, manganeso, selenio, hierro y vitaminas ácido fólico, tiamina y niacina; pero es bajo en fibra y grasa. El arroz integral posee mayor contenido en minerales, vitaminas y compuestos bioactivos perdidos en gran parte en el proceso de pulido (Fukagawa & Ziska, 2019).

El consumo de arroz en Colombia es mayoritariamente como arroz blanco cocido, también se consumen preparaciones, tipo galletas amasijos o fritos, elaborados a partir de masas generadas

con arroz cocido o harina de arroz. Los valores de AA en el arroz cocido son inferiores a 50 µg/kg y en galletas, a base de harina de arroz blanco, oscilan entre ND y 204 µg/kg. Los valores son inferiores a los encontrados en galletas elaboradas con harina de trigo con valores entre 155 µg/kg y 661 µg/kg. El contenido en azúcares reductores en el arroz crudo estuvo entre 0,1-0,2 g/100g y de Asn entre 420 y 450 mg/kg. Durante la elaboración, incrementó el contenido en azúcares reductores, posiblemente por su generación a partir de almidón, en tanto que los de Asn disminuyeron (Y, Chen *et al.*, 2020).

Trigo

Los granos de trigo tienen entre un 60-70% de almidón, monosacáridos como glucosa y oligosacáridos como fructanos. La proteína se encuentra mayoritariamente en el endospermo además de germen y salvado. La harina blanca contiene fundamentalmente prolaminas, que corresponden al 80% de las proteínas del endospermo y que se caracterizan por ser ricas en glutamina y prolina y pobres en lisina. En el pericarpio o cubiertas del grano, se encuentran vitaminas del complejo B, minerales y carbohidratos no digeribles (celulosa, hemicelulosa, lignina y xilanos). El contenido de nutrientes (proteínas, minerales, vitaminas) y fibra de las harinas depende del grado de extracción. (Shewry & Hey, 2015).

La formación de AA en productos elaborados con harinas de trigo ha sido estudiada ampliamente (Zuzana *et al.*, 2021),(Marta Mesias *et al.*, 2020). Los precursores se han determinado en las variedades *aestivum* y *durum*. Las variedades *aestivum* poseen unos contenidos medios de Asn entre 192,3 mg/kg y 628,2 mg/kg; y los azúcares reductores alrededor de 0,8 g/100g. En la variedad *durum* se determinaron valores superiores de Asn entre 430,2 y 837,4 mg/kg y los azúcares reductores entre 0,7-1,3%. Las galletas elaboradas con *Triticum durum* presentaron niveles de AA superiores (550 µg/kg) frente a las preparadas a partir de harina de panificación (300 µg/kg). (Žilić *et al.*, 2017). Galletas de trigo elaboradas en Colombia presentaron valores de 231 µg/kg y de 1449 µg/kg para waffer (Pacetti *et al.*, 2015). La frituras caribeñas elaboradas con harinas de las citadas variedades presentaron la misma tendencia con estas variedades de harinas (Bent *et al.*, 2012).

Patatas (papas)

La energía aportada por la patata procede principalmente del almidón. Este tubérculo posee un 75-80% de humedad y entre un 20-25% de materia seca. El contenido de proteína es inferior al de los cereales y muy inferior al de las leguminosas, pero superior al de otros tubérculos. Además, posee muy bajo contenido en grasa y alta cantidad de vitamina C y fibra dietética en su cáscara. Los contenidos de minerales son variables según procedencia o variedad, pero en todos los casos destaca el alto nivel de potasio; sin embargo, la patata cruda debe ser procesada (hervida, horneada, frita o calentada a microondas) antes de su consumo para poder digerir el almidón y para que el producto desarrolle sus características sensoriales. (Zaheer & Akhtar, 2016).

El descubrimiento de la presencia de AA en alimentos está asociado a su hallazgo en patatas fritas calentadas a temperaturas superiores a 120° C (Lineback *et al.*, 2012). Las patatas poseen cantidades sustanciales, pero variables, de los precursores de AA dependiendo del lugar de procedencia, variedades, condiciones de cultivo y almacenamiento. El contenido medio de precursores en patatas

crudas de 74 variedades procedentes de cultivares suizos, fue de 3086 mg/kg de asparagina, 0,680 g/100 g de glucosa y 0,435 g/100 g de fructosa. El almacenamiento de los tubérculos a Tª entre 8°C y 10°C incrementa el contenido de azúcares reductores y la potencial formación de Asn. Los contenidos de Asn son más altos y menos variables que los azúcares (Amrein *et al.*, 2003). En variedades españolas se encontraron contenidos de Asn en el rango de 130 a 170 mg/kg y de azúcares reductores en el rango de 0,55% a 2,01% (Plata-Guerrero *et al.*, 2009).

El procesado térmico de los tubérculos y la generación de AA ha sido ampliamente estudiado. Los procesos de fritura incrementan el contenido de AA proporcionalmente al incremento de la temperatura (Palazoğlu *et al.*, 2010). La mayor parte de la AA se forma durante la última fase del proceso de fritura, es decir cuando el contenido de agua en el producto alcanza valores bajos. Una temperatura de fritura más baja, hacia el final del proceso, reduce la formación de AA en patatas fritas y chips; sin embargo, si se considera que la energía de activación para el alcanzar el pardeamiento es inferior a la requerida para la formación de AA, es posible obtener patatas doradas, controlando las temperaturas (Amrein *et al.*, 2006).

Los estudios llevados a cabo han mostrado que los altos niveles de azúcares reductores son determinantes en niveles de formación de AA (McCombie *et al.*, 2016). Las patatas francesa precocidas congeladas, procedentes de 30 servicios de alimentación, presentaron valores de AA entre menos de 20 y 1068 µg/kg. Aunque estos niveles se encontraban dentro de los valores de referencia, se recomendó establecer los azúcares reductores como un parámetro crítico, con un contenido máximo de 0,25g/100g en patata semifrita (Marta Mesias *et al.*, 2019).

En el proceso de horneado, los tiempos prolongados tienen mayor efecto en la formación de AA que las altas temperaturas; es decir, temperaturas bajas de horneado y tiempos prolongados, generan mayor cantidad de AA. (Palazoğlu *et al.*, 2010). La comparación entre el horno a vacío y el horno convencional mostró una reducción de los valores de AA, por lo que el horneado a vacío se considera una alternativa para el procesado de patatas francesa bajas en grasa (Akkurt *et al.*, 2021). El cocinado con microondas es favorable a la formación de AA en patatas, su uso debe ser limitado (Michalak *et al.*, 2019). Los valores de AA en patatas procesadas en Colombia fueron de 916 µg/kg; sin embargo, no fue detectada en patatas fritas en el hogar (Pacetti *et al.*, 2015).

La variabilidad en los contenidos de AA depende de la técnica de preparación empleada, los tratamientos previos aplicados o la incorporación de aditivos. (Eicher *et al.*, 2020). Por tanto, el objetivo principal se ha centrado en identificar métodos o procesos que eliminen o reduzcan sustancialmente la AA a un nivel que no induzca riesgo toxicológico (Zaheer & Akhtar, 2016) Yang, Achaerandio, and Pujolà 2016) (Yang *et al.*, 2016)

Plátanos

Los bananos se consumen en Colombia como frutas, crudos, como postre o complementos dulces. Los plátanos se suelen cocinar, freír o asar y acompañan platos salados, cumpliendo un rol similar a las patatas. Este alimento ha sido ampliamente estudiado en cuanto a composición, cambios durante la maduración, pérdida de nutrientes por fritura y desarrollo de híbridos o variedades

mejoradas; no obstante, el efecto del tratamiento térmico sobre productos de RM ha sido poco explorado (Khatib & Hanisah binti Juhari, 2012)

Los plátanos y los bananos constituyen una fuente de energía importante en la dieta de la población. Los bananos tienen mayor porcentaje de humedad, alrededor del 79%, en tanto que los plátanos, en promedio poseen un 65%. Los plátanos tienen mayor contenido de carbohidratos, en forma de almidón y menor cantidad de azúcares. Destacan por su alto contenido de potasio y muy bajo contenido de grasa y proteína (ICBF, 2018). Investigaciones recientes han reportado que tanto los plátanos como los bananos contienen cantidades importantes de almidón resistente, pero los bananos poseen mayor cantidad de compuestos fenólicos (Borges *et al.*, 2020).

Los plátanos, por su alto contenido de almidón (cercano al de la patata) requieren ser cocidos para ser digeridos. Los chips de plátano o masas fritas elaboradas mediante mezcla de plátano maduro macerado, harina y huevo son alimentos comúnmente consumidos en países caribeños (Bent *et al.*, 2012). En Colombia, se consumen frecuentemente plátanos chips “moneditas”, patacones o tostones y masas fritas como las llamadas “Marranitas” que son mezclas de plátano con chicharrón de cerdo, aborrajados, o “Juan Valerio”, mezcla de migas de plátano con chicharrón, En menor proporción, se consume plátano asado al horno o en brasa, plátanos cocidos o plátanos almibarados con azúcar o panela, A nivel industrial se produce harina de plátano, chips de plátano verde o maduro, tipo snacks, vinagre, entre otros.

Los productos a base de plátano se preparan principalmente mediante fritura, método que implica transferencia de calor y masa. La transferencia de masa ocurre porque el alimento se deshidrata y absorbe parte del aceite en el que se está cocinando. Estudios con sistemas modelo han demostrado que la formación de AA en matrices de plátano es similar a la reportada en la literatura para productos a base de patatas, centeno o trigo. Durante el procesamiento la cantidad de AA se incrementa cuando disminuye la actividad de agua (Bassama *et al.*, 2011).

La formación de acrilamida en plátanos se explica tanto por la presencia de asparagina y azúcares reductores como por los niveles de compuestos fenólicos (ácido gálico, ácido clorogénico, ácido sirínico, ácido p-cumárico y quercetina) que se modifican conforme avanza el proceso de maduración. Así, se sabe que las concentraciones de Asn cambian dependiendo de la variedad de plátanos. En los bananos o “plátanos de postre” el nivel es menor con respecto a los que acompañan las comidas principales o “plátanos para cocinar”. Durante la maduración postcosecha, los niveles de Asn decaen (Bassama *et al.*, 2012). Durante la fritura profunda del plátano la formación de AA tuvo correlación positiva con los azúcares reductores y negativa con los niveles de compuestos fenólicos. Con la maduración los azúcares reductores se incrementan en tanto que los compuestos fenólicos disminuyen (Shamla & Nisha, 2017). Los valores de Asn en plátanos varían según grado de maduración entre 137 y 296 mg/kg y de azúcares reductores de 9,59 a 30,85 %. Los valores de AA oscilan entre 49,8 y 2062 µg/kg en el nivel de máxima maduración (Shamla & Nisha, 2017). Los valores encontrados en plátanos fritos maduros de Colombia fueron de 26,6 µg/kg y 130,4 µg/kg para el plátano verde (Barón *et al.*, 2021).

Yuca

La yuca se comercializa en Colombia como yuca fresca, harina, almidón y trozos de yuca desecada. Contiene principalmente almidón y azúcares como glucosa, sacarosa y fructosa. La yuca fresca se cocina en trozos, se fríe (dorado) o se fríe en bastones. Su almidón es de alta pureza, viscosidad y tras calentamiento incrementa su volumen con más facilidad que las patatas, el arroz o el maíz. Por tanto, este subproducto, junto con el almidón de maíz, son ampliamente utilizados como materia prima por sus propiedades espesantes, gelificantes o estabilizantes. Los contenidos de azúcares reductores, en variedades de yuca, pueden oscilar de 0,28 a 0,48%; en general, están por debajo de 1,67% (Otache *et al.*, 2017). Los contenidos de proteína en las raíces de yuca son bajos y el contenido de aminoácidos libres, en especial la valina, está relacionado con la generación de compuestos tóxicos como los glucósidos cianogénicos que se depositan en las raíces. Dichos glucósidos sirven como fuentes de nitrógeno reducido que puede ser asimilado y utilizado para la formación de asparagina, aspartato y amoniaco libre. En raíces se han reportado valores de Asn inferiores a 8 nmoles/mg de peso seco (Narayanan *et al.*, 2011). Con el almidón de yuca se elaboran numerosos amasijos con queso como pandebonos y pandeyucas.

La formación de acrilamida en yuca ha sido poco investigada en relación con otros alimentos como patatas y cereales. En un estudio realizado en alimentos comerciales de Colombia se detectaron cantidades altas AA en yuca frita y precocida (952 µg/kg)(Pacetti *et al.*, 2015). Así mismo, se encontró que tortillas de yuca fritas, rellenas con queso, presentaron niveles bajos de AA (8,9 µg/kg) con relación a tortillas de maíz rellenas de patata (37,6 µg/kg)(Barón *et al.*, 2021)

Café

Las características sensoriales del café se desarrollan durante el tostado, por ocurrencia de las reacciones de Maillard, caramelización y pirólisis de compuestos no volátiles y que dan lugar a la formación de furanos, pirazinas, butirolactonas, cetonas, pirroles, fenoles, hidrocarburos, ácidos y anhídridos, aldehídos, ésteres, alcoholes, compuestos de azufre y entre otros. A algunos de estos compuestos, como los componentes fenólicos, se les reconocen propiedades antioxidantes que han sido estudiadas en bebidas de café molido y soluble (Bedoya-Ramírez *et al.*, 2017)

El café y sus sustitutos forman parte de los alimentos que más AA aportan a la exposición dietaria después de las patatas fritas y las patatas chips (EFSA, 2015); no obstante, los niveles aportados dependen de factores tales como la especie o variedad (arábica o canéfora, robusta), el tipo de tratamiento: húmedo o seco y el proceso de tostado que consiste en un calentamiento lento que puede oscilar entre 90°C y 215°C. Los contenidos de asparagina decaen en tanto que los de azúcares reductores incrementan al máximo al cabo de 12 minutos de proceso. La Asn es el compuesto limitante en la formación de AA. (Bertuzzi *et al.*, 2020). El contenido de Asn es dos veces inferior en las maduras respecto a las verdes. El contenido en las semillas de café verde de la variedad arábica puede oscilar entre 175 y 450 mg/kg y 600 y 1000 mg/kg para la variedad robusta.

La variedad robusta se considera de menor calidad que la variedad de arábica, pero es muy valorada para la elaboración de café espresso al favorecer la formación de cremas. Tiene un contenido más alto de Asn y por tanto tiende a generar concentraciones más altas de AA al igual que los cafés que

se someten a mayor grado de tostación (alto u oscuro). Por otra parte, los métodos de preparación de las infusiones de café condicionaran la formación de AA. En el proceso de tostado se forma y degrada la acrilamida desde valores ND tras 50 segundos de tostado, 910 µg/kg a los 125 segundos y decae a 200 µg/kg a los 190 segundos(Lantz *et al.*, 2006).

Las bebidas de café elaboradas por filtración o solubilización con café molido o soluble tienen mayores contenidos de AA que las elaboradas en máquinas expendedoras. Los resultados obtenidos en la investigación realizada en Colombia indican que la bebida preparada con café tostado es ligeramente superior en AA respecto a la preparada con café soluble; en tanto, que en café soluble el contenido de AA fue de 305 µg/kg y supera el del café molido tostado (104 µg/kg) (Barón *et al.*, 2021). Así mismo, el contenido de AA determinado en infusiones de café preparadas en máquinas expendedoras osciló entre 7,7 y 40,4 µg/l (Kafouris *et al.*, 2018).

Panela

La panela se define como el producto obtenido de la extracción, clarificación y evaporación de los jugos de la caña de azúcar hasta la obtención de una miel que se concentra, por deshidratación intensa (hasta superar los 90°Brix) (Ministerio de Salud, 2012). Por normativa, la panela en Colombia debe contener como máximo un 83% de azúcares no reductores expresados como sacarosa y 9% de humedad y como mínimo un 5,5% de azúcares reductores expresados como glucosa y estar exenta de sulfitos y colorantes (Ministerio de protección social, 2006). El valor energético de la panela derivada de su contenido de carbohidratos simples como glucosa, fructosa y sacarosa y aunque en menor proporción aporta algunos minerales lo que la diferencia del azúcar blanco. La panela es uno de los endulzantes más empleados y consumido en todos los grupos de edad (ICBF, 2020).

La formación de la AA en la panela está determinada por el contenido de precursores y el proceso de elaboración. Los contenidos de Asn y azúcares reductores oscilan según la variedad y grado de madurez. La caña de azúcar contiene un promedio 70-77% de agua, 12-16% de sacarosa y 2,5% de otros componentes diferentes a la sacarosa. 100 ml de jugo de caña contienen alrededor de 15,5% de asparagina y glutamina (Pacheco *et al.*, 2012). Durante el proceso de elaboración de la panela, se incrementan significativamente el contenido de sólidos solubles y la formación de AA debido a la intensa evaporación. La cantidad de AA se incrementaba etapa tras etapa; desde cantidades insignificantes en el jugo de caña hasta 890 µg/kg en el jugo concentrado. La temperatura y el contenido de humedad son parámetros determinantes en la formación de AA (Mesias *et al.*, 2020). Adicionalmente, otros aspectos, como el procesado llevado a cabo para la elaboración del producto comercial, influye directamente sobre los contenidos de AA formada; así, la panela granulada presentó una mayor concentración (812 µg/kg) en comparación con la panela en bloque (540 µg/kg)(Gómez-Narváez *et al.*, 2019)

Cacao

La composición de los granos de cacao es bastante variable, dependiendo de su origen y del procesamiento al que haya sido sometido. El cacao y sus derivados son ricos en alcaloides; es decir, teobromina y cafeína y minerales como potasio, magnesio, calcio, fósforo, cobre y zinc. Así mismo,

tienen importantes contenidos de polifenoles como la catequina, la epicatequina, la procianidina B2, la quercetina y el ácido protocatéquico. El procesado de los granos comprende una primera fase de cosecha, apertura del fruto, remoción de las semillas con la pulpa, fermentación, secado y almacenamiento. La segunda fase, consiste en la obtención, de ingredientes como la pasta de cacao para la fabricación del chocolate y sus derivados. Allí, los granos de cacao se someten a un pretratamiento térmico, seguido de descascarillado, tostado y molienda (Okiyama *et al.*, 2017).

Estos procesos son determinantes para el desarrollo de atributos sensoriales como sabor, color y textura, pero de manera simultánea, favorecen la formación de AA. Durante la etapa de fermentación se generan azúcares y aminoácidos libres por hidrólisis de péptidos y sacarosa, precursores de este compuesto. Durante la etapa de secado la fructosa y el glioxal de la glucosa reaccionan con la Asn y, tras calentamiento, dan lugar a la formación de AA. Esto también se presenta durante el tostado (Gil *et al.*, 2020). La temperatura de tostado acoplada con el tiempo de tostado aumenta progresivamente la producción de AA. La formación de acrilamida se relaciona con la intensidad de color asociada al tostado (Ofosu *et al.*, 2019).

El contenido de acrilamida en chocolate y sus derivados alcanza hasta 490 µg/kg. Se demostró que los productos de cacao semiacabados tenían niveles de acrilamida más altos (valor medio 190 µg /kg) que los productos derivados de cacao y chocolate (valor medio 50 µg /kg)(Raters & Matissek, 2018).

1.3.7 Métodos de cocción doméstica y efectos sobre la formación de acrilamida

Frituras

La fritura por inmersión total es un método en el que los alimentos se sumergen en aceites calientes (150-190° C) para desencadenar una transferencia simultánea de calor y masa entre el aceite, los alimentos y el aire para deshidratar los alimentos. En el alimento la temperatura periférica está cerca de la temperatura del aceite mientras que el núcleo está alrededor del 100° C y aumenta progresivamente por la penetración del aceite. Los alimentos fritos absorben porcentajes variables de aceite, tienen sabor atractivo, color dorado y textura exterior deshidratada y crujiente (Choe & Min, 2007).

Durante la fritura de los alimentos las condiciones de temperatura y tiempo son factores decisivos en la generación de acrilamida junto con los pretratamientos llevados a cabo sobre los alimentos, forma de fritura y en menor medida el tipo de aceite. Mathaüs (2002) demostró que el efecto de la temperatura es más pronunciado que el incremento en el tiempo de fritura(Christian Gertz *et al.*, 2003). El límite de temperatura para la formación de acrilamida es de 120°C (Mottram *et al.*, 2002 ;Stadler & Studer, 2016). A temperaturas por encima de 150°C la formación de acrilamida en patatas aumenta significativamente (Dunovská *et al.*, 2004), otros autores establecen la temperatura alrededor de 175°C (Gertz & Klostermann, 2002), (Yasuhara *et al.*, 2003). En 2003 encontraron la reducción de la Tª de 185°C a 165°C, reducía a la mitad el contenido en acrilamida(Matthäus &

Haase, 2002), resultados similares han sido demostrados posteriormente (Daniali *et al.*, 2018). El almacenamiento de las patatas chips en congelación con nitrógeno líquido da lugar a una reducción de la acrilamida por eliminación del calor remanente después de la fritura, comparado con las patatas almacenadas a temperatura ambiente (Ishihara *et al.*, 2006)

El tipo de alimento, la forma y el grado de subdivisión del alimento afectan a la formación de AA; El contenido de precursores en el alimento a freír va a condicionar la cantidad final, patatas con alto contenido en azúcares reductores o mayor cantidad de asparagina en el pan rallado utilizado en la fritura de los empanados son factores determinantes (Mesías *et al.*, 2016). La forma y grado de subdivisión del alimento son fundamentales por la mayor temperatura y transmisión de color que puede alcanzarse, las patatas tipo chips presentan mayores concentraciones que las patatas francesas por la mayor proporción de área superficial a volumen de las rebanadas delgadas con respecto a bastones de mayor grosor y menor superficie expuesta (Palazoglu *et al.*, 2010).

Tratamientos previos en la materia prima como la inmersión de patatas en agua, en soluciones de ácido cítrico o la práctica del escaldado disminuyen la formación de acrilamida después de la fritura. Truong *et al.* (2014) estudiaron cómo la formación de AA en patatas fritas se ve afectada por los métodos de procesado. Los niveles de AA en tiras de patata sin tratar fritas a 165 °C durante 2, 3 y 5 minutos fueron 124,9, 255,5 y 452,0 ng/g de peso fresco, que se redujeron aproximadamente siete veces a 16,3, 36,9 y 58,3 ng/g, respectivamente, cuando las tiras se sometieron a un escaldado en agua y remojo en pirofosfato ácido de sodio al 0,5 % antes de freír. Un paso adicional de remojo de las patatas en una solución de cloruro de calcio al 0,4 % antes de freír aumentó el contenido de calcio de 0,2 a 0,8 mg/g y disminuyó los niveles de AA a 6,3, 17,6 y 35,4 ng/g, respectivamente. Yuan *et al.* (2014) indican que para el proceso de fritura de patatas tipo chips, el método más efectivo para la reducción de acrilamida fue la inmersión en una solución de ácido cítrico a una concentración de 1 g/L (77 %), seguida de una solución de CaCl₂ a una concentración de 2 g/L (72 %) y una solución de NaCl a una concentración de 0,5 g/L (64 %). Todos estos tratamientos de forma general reducen el contenido de precursores en general y en el caso de la acidificación disminuyen el pH y limitan la extensión de la RM (Williams, 2005) (Rifai & Saleh, 2020).

El tipo de aceite y su estado de oxidación e hidrólisis no parecen afectar en gran medida por la formación de acroleína sino por la eficacia de la transferencia de calor, elevados contenidos de glicéridos parciales de carácter anfílico pueden modificar la tensión superficial entre el agua de la superficie del alimento y el aceite no polar (Stadler & Scholz, 2004). Posteriormente analizaron la influencia de la fritura con varios aceites vegetales en la formación de AA encontrando que las patatas fritas en aceite de palma contenían una concentración más baja de AA (1443 µg/kg) que las fritas en aceite de soja (2019 µg/kg) (Lim *et al.*, 2014). De otra parte, sobre la reutilización del aceite, Başaran and Turk (2021) recomiendan no utilizar el aceite más de cuatro veces.

La utilización de técnicas no tradicionales de fritura como la utilización de presiones reducidas es un proceso aplicable a la producción de patatas chips. Massson *et al.*, (2007) ya lograron reducir el

contenido de acrilamida un 94% utilizando presión reducida y temperatura de 118°C, estudios posteriores han confirmado la utilidad (Belkova *et al.*, 2018; Mariotti-Celis *et al.*, 2017).

Horneados

Patatas, yuca, plátano y cereales pueden elaborarse con esta técnica. Dentro de ellos, los productos de panadería como panes, pasteles, masas, cereales para el desayuno, galletas, tartas son algunas de las principales fuentes de AA en la dieta y por tanto el estudio del proceso es importante para generar estrategias de mitigación. La cantidad de AA está directamente relacionada con la cantidad de asparagina del cereal que a su vez está determinada por variedad, condiciones de crecimiento, factores ambientales y grado de refinación (Sarion *et al.*, 2021). El centeno es el cereal que mayor cantidad de asparagina contiene, unas cuatro veces más que el trigo (centeno: 63,4 mg/100g; trigo: 17,4mg/100g). El arroz posee valores inferiores (<10 mg/100g) y el maíz y la avena intermedios (15 mg/100g) (Seal *et al.*, 2008). La distribución de asparagina en los granos no es homogénea, mayor contenido se encuentra en el salvado respecto al endospermo, por tanto los productos elaborados con harinas integrales generan mayor cantidad de AA (Bent *et al.*, 2012). Por el contrario, los productos elaborados a partir de masas fermentadas con levaduras o agentes leudantes, en la mayoría de los casos, presentan menores cantidades de acrilamida, en comparación con los no fermentados. Al parecer esto ocurre por el efecto de este proceso al disminuir la disponibilidad de asparagina y azúcares (Lineback *et al.*, 2012).

Durante el horneado los niveles de humedad de los alimentos varían al igual que los tipos de hornos y la eficiencia en la transferencia de calor. En las masas crudas no hay AA, pero esta se va formando en función del tiempo y de la temperatura de horneado. La formación de corteza en los productos panarios no solo es la clave en la calidad sensorial de pan sino también en la formación de acrilamida, que existe en la corteza pero no en la miga (Jackson & Al-Taher, 2010). A altas temperaturas y tiempos de horneado se genera más acrilamida sin embargo horneados realizados a temperaturas muy altas ($\geq 260^{\circ}\text{C}$) y de forma prolongada (20 min) pueden disminuir el contenido de acrilamida por degradación (Krishnakumar & Visvanathan, 2014). La aplicación de vapor de agua al final del horneado en los hornos clásicos, a utilización de hornos con vacío o técnicas alternativas de aplicación de calor como radiación infrarroja, chorro de aire o microondas pueden disminuir la formación de AA hasta en un 50%.(Sarion *et al.*, 2021).

El pan de jengibre puede contener altas concentraciones de AA. Esto se puede atribuir a la adición de bicarbonato de amonio, que es el gasificante común en la producción de pan de jengibre, el amonio favorece la reacción acelerando la degradación de azúcares y generando carbonilos más reactivos que pueden condensarse con asparagina a través de la ruta de Maillard. Una reducción sustancial de AA en este tipo de pan puede lograrse usando bicarbonato sódico (Stadler & Scholz, 2004).

La transferencia de calor durante el horneado tiene un bajo coeficiente que asociado con procesos del secado al aire ralentiza la pérdida de humedad del alimento si se compara con lo que ocurre en

las frituras, por tanto, de forma general los productos horneados tendrán menos acrilamida que los fritos. Sin embargo, este efecto puede no darse si se elabora el mismo tipo de producto. Las patatas chips horneados son una alternativa a las patatas chips fritas por el menor contenido de grasas del producto, sin embargo estos productos horneados pueden contener más acrilamida debido al tratamiento térmico final del proceso (Palazoglu *et al.*, 2010) por tanto se han propuesto alternativas como el horneado a vacío que puede llegar a reducir el contenido de acrilamida en un 98% (Akkurt *et al.*, 2021).

Asados

Durante los procesos de asado se aplican temperaturas muy altas ya que los alimentos suelen estar en contacto directo con la llama o en contacto directo con superficie caliente, las temperaturas pueden superar los 300° C y 320° C. y se requieren tiempos de cocción más prolongados debido a la mala transferencia de calor al interior del alimento. Existe una relación directa entre el tamaño de alimento a asar y la cantidad de AA generada. En alimentos pequeños puede degradarse más AA que la que se forma (Bent *et al.*, 2012).

Estudios realizados con productos elaborados con patatas mostraron que los niveles se incrementaron con el aumento de la temperatura y el tiempo de calentamiento. Y cuando se comparaba con otros métodos, el contenido de acrilamida fue más bajo ($727\pm 71\mu\text{g}/\text{kg}$) que el determinado para el método de preparación con microondas ($790\pm 64\mu\text{g}/\text{kg}$); no obstante, este nivel es más alto que el reportado para la fritura superficial en sartén ($561\pm 53\mu\text{g}/\text{kg}$) y para fritura por inmersión ($597\pm 67\mu\text{g}/\text{kg}$) (Michalak *et al.*, 2011). Resultados similares fueron reportados para alimentos tradicionales caribeños asados con respecto a horneados y fritos (Bent *et al.*, 2012)

Tostado

Generalmente se refiere a calentamiento de los alimentos a temperaturas superiores a 200°C. Se puede realizar en un horno o tostador convencional y el resultado son alimentos suaves internamente y con exterior dorado, oscuro y crujiente.

Las diferencias encontradas en los niveles de AA de alimentos tostados surgen por las diferencias en materias primas, recetas, condiciones y grado de procesamiento; por ejemplo, se ha encontrado que panes de centeno, adicionados con jarabe de glucosa y fructosa, generaron más AA (29 a 42 $\mu\text{g}/\text{kg}$) que los panes blancos (3 a 8 $\mu\text{g}/\text{kg}$) y que dependiendo del tiempo de tostado, de 1 minuto a 4 minutos, el valor de acrilamida varía de 3 $\mu\text{g}/\text{kg}$ a 31 $\mu\text{g}/\text{kg}$ cuando se tuestan rebanadas de pan blanco según lo hallado por Karl-Erik Hellenäs en 2014. En general los niveles de AA por efecto de la aplicación del método de tostado pueden variar hasta en un 8% (EFSA, 2015).

El tiempo y el grado de tueste son los principales factores que afectan los niveles de AA en la obtención del café tostado. La AA se forma al inicio del tostado, pero tiende a disminuir conforme aumenta la temperatura ya que se favorecen las tasas de eliminación (Stadler y Scholz, 2004) por

tanto los niveles en el producto final solo son una fracción de los niveles máximos observados en durante el proceso. En los productos de cacao el tostado, previo a la molienda, genera cantidades crecientes de acrilamida al no alcanzarse las temperaturas de degradación (Gil *et al.*, 2020).

I.3.8 Normatividad y regulaciones

Los marcos normativos que regulan los niveles de AA en alimentos son variables y se ajustan según se avanza en el conocimiento de la exposición dietaria y de los niveles encontrados tratando de indicar medidas de mitigación para gestionar riesgos derivados del consumo de AA. Alemania en el año 2002 desarrolló y adoptó la estrategia de minimización de la AA con el enfoque ALARA (tan bajo como sea razonablemente posible) que consistía en establecer un valor indicador como el nivel más bajo de AA en el 10% superior de los alimentos dentro del grupo y que fue propuesta en 2007 (Göble & Kliemant, 2007). Cuando se excedía dicho valor se contactaba con el fabricante para discutir estrategias de mitigación.

La Comisión Europea solicitó a los estados miembros monitorear, entre 2007 y 2009, los contenidos de AA en alimentos. Los datos fueron reportados por 25 países de la Unión Europea. En consecuencia, y como medida de Gestión de Riesgo, aprobó un Código de prácticas enfocadas a la industrias y sector de restauración. Las recomendaciones contemplaban “valores indicativos” para alimentos específicos. El valor indicativo era el nivel más bajo de AA en el 10% superior de alimentos dentro de un grupo determinado. Si un alimento superaba este valor se debía “investigar” para aplicar medidas de mitigación. No correspondían a umbrales de seguridad, pero si se constituía en una alerta rápida que debía ser reportada al Sistema de Alerta Rápida para Alimentos y Piensos (RASFF) de la Comisión Europea (Lineback *et al.*, 2012). Los niveles indicativos y/o de referencia se han establecido en tres documentos generados en tres años: 2011, 2013 y 2017 (Tabla 5).

Con el tiempo se han generado ajustes en los niveles, que en algunos casos han disminuido, y se han precisado y ampliado un poco más las categorías; por ejemplo, en el 2011 no se diferenciaba entre cereales para el desayuno, para el 2013 se generaron tres subcategorías. En Colombia, desde el 2005 se han elaborado conceptos técnicos y valoraciones preliminares del compuesto en productos comerciales, pero aún no se cuenta con normatividad relacionada con niveles permitidos del compuesto.

Tabla 5. Niveles de referencia para detectar la presencia de acrilamida en los productos alimenticios

Producto alimenticio	Valor Indicativo ($\mu\text{g}/\text{kg}$) 2011 (EFSA, 2012)	Nivel de referencia ($\mu\text{g}/\text{kg}$) 2013 (EFSA, 2015)	Nivel de referencia ($\mu\text{g}/\text{kg}$ /g) 2017 (Comisión Europea, 2017)
Patatas			
Patatas fritas listas para consumo	600	600	500
Patatas chips	1000		
Patatas fritas a la inglesa (chips) fabricadas con patatas frescas y con masa de patatas Galletas saladas a base de patatas Otros productos con masa de patatas		1 000	750
Patatas fritas/productos de patata precocinados para cocinar en casa	No establecido		
Pan			
Pan blando	150		
Pan (sin especificaciones)	150	80	
Pan blando			
Pan a base de trigo		80	
Pan blando (de otros cereales diferentes a trigo)		150	100
Pan de molde			
Pan de molde a base de trigo			50
Otro pan de molde			100
Cereales para el desayuno (excepto muesli y gachas)			
Productos de salvado y cereales integrales, granos inflados con pistola	-	400	300
Productos a base de trigo y centeno	-	300	300
Productos a base de maíz, avena, espelta, cebada y arroz	-	200	150
Galletas y barquillos			
Galletas saladas con la excepción de las galletas saladas a base de patata	500	500	400
Pan crujiente	500	450	350

Producto alimenticio	Valor Indicativo (µg/kg) 2011 (EFSA, 2012)	Nivel de referencia (µg/kg) 2013 (EFSA, 2015)	Nivel de referencia (µg/kg /g) 2017 (Comisión Europea, 2017)
Pan de especias			800
Productos similares a los de esta categoría			300
pan de jengibre	No establecido	1000	800
Alimentos infantiles, alimentos elaborados a base de cereales para lactantes y niños pequeños, (excepto galletas y bizcochos)	100	50	40
Galletas y biscotes para lactantes y niños pequeños	250	200	150
Galletas, galletas saladas, obleas, pan crujiente y similares, excepto pan de jengibre	500	500	400
Café tostado	450	450	400
Café instantáneo soluble	900	900	850
Alimentos para bebés, que no sean galletas y biscotes elaborados	80	80	40
Muesli y gachas	Sin establecer		
Postres y tortas	Sin establecer		
Snacks saborizados (excluyendo los elaborados con patatas)	Sin establecer		
Sucedáneos del café			
Sucedáneos del café compuestos exclusivamente por cereales 500			500
Sucedáneos del café compuestos por una mezcla de cereales y achicoria *			*
Sucedáneos del café compuestos exclusivamente por achicoria			4000

* El nivel de referencia que debe aplicarse a los sucedáneos compuestos por una mezcla de cereales y achicoria debe tener en cuenta la proporción relativa de estos ingredientes en el producto final

La verificación del cumplimiento de los niveles definidos en los códigos permite asegurar que las medidas de mitigación se están cumpliendo y se está reduciendo tanto como se es posible la formación de AA. Los códigos son aplicables a productos elaborados por empresas alimentarias quedando fuera del alcance todos los demás (AECOSAN, 2017). En este sentido, no se incluyen valores de referencia ni para materias primas ni para preparaciones elaboradas a nivel del hogar.

Las medidas de gestión de riesgo más recientes son dadas por el Reglamento (UE) 2017/2158 de la Comisión del 11 de abril de 2018 (Comisión Europea, 2017); no obstante, han sido diversas las herramientas desarrolladas por otras organizaciones y autoridades sanitarias dirigidas a la prevención y/o reducción de AA en alimentos (Tabla 6)

Tabla 6. Herramientas disponibles para el seguimiento de los niveles de acrilamida en alimentos.

Año	Organismo	Acción de mitigación
2002	La Organización Mundial de la Salud (OMS) y la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO)	Creación de la red Acrylamide Infonet que recoge información sobre acrilamida y métodos de reducción.
2005	OMS/FAO	Publicación en la Red Internacional de Autoridades de Inocuidad de Alimentos (INFOSAN) las conclusiones de la evaluación del riesgo de Acrilamida realizada por la JECFA/FAO/OMS en 2005 y a las medidas que deben tomar las autoridades, industria e investigadores para contribuir a su mitigación (FAO/OMS, 2005)
2007	Comisión Europea	Publicación del informe final del proyecto HEATOX (Toxinas alimenticias generadas por calor: identificación, caracterización y minimización del riesgo). Contiene conclusiones sobre el seguimiento a contenidos de AA en alimentos, desarrollado en el periodo entre 2003-2007, y los posibles riesgos para la salud. Aporta un folleto con recomendaciones para minimizar la AA a nivel doméstico.
2007	Asociación Europea de Transformadores de la Patata-Regla de oro a la hora de freír (EUPPA, 2007)	Recomendaciones específicas y video didáctico dirigido a profesionales y consumidores de patatas fritas
2009	Comisión Codex Alimentarius	Presentación del Código de prácticas para reducción de acrilamida en alimentos (CAC/RCP 67-2009). Se dan recomendaciones y directrices para materias primas, adición de ingredientes, procesado y tratamiento térmico.
2013	La Confederation of the Food and Drink Industry (CIAA). UE	Desarrolla "Caja de herramientas", destinada a la industria, que incluye cuatro categorías de alimentos: patatas fritas, pan (cereales para desayuno, galletas y productos de panadería), café (tostado y molido, instantáneo y sucedáneos del café) y alimentos infantiles (galletas y cereales infantiles y alimentos para lactantes. Se exponen los métodos para reducir la acrilamida en alimentos y los elementos para selección de los más adecuados.

Año	Organismo	Acción de mitigación
2015	European Food Safety Authority	Concepto científico de acrilamida emitido por el panel COMTAM que incluye la ficha informativa dirigida a consumidores donde se expone el riesgo, los alimentos que más contribuyen y las medidas para reducir su consumo.
2015	Agencia Española de Consumo, Seguridad Alimentaria y Nutrición-Recomendación sobre la acrilamida en los alimentos (AECOSAN)	Recomendaciones para el cocinado a nivel doméstico orientadas a disminuir la cantidad de acrilamida a nivel del hogar de preparaciones como patatas fritas.
2016	Food and Drug Administration (FDA)	Guía para productores, fabricantes y operadores para reducir cantidades de productos a base de patatas, productos a base de cereales y otros como el café.
2017	Food Standards Agency-Campaña "Go for Gold"	Campaña que explican cuatro principios básicos para disminuir el consumo de acrilamida en alimentos hidrocarbonados como patatas fritas
2017	Direction générale de la concurrence de la consommation et de la répression des fraudes (DG CCRF, 2017)	Recomendaciones para reducir contenido de acrilamida en patatas fritas, productos panadería y bollería
2017	European Food Safety Authority	Establece un reglamento sobre las medidas de mitigación y los niveles de referencia de acrilamida que incluye unos Códigos de prácticas (CoP) encaminados a reducir los niveles de acrilamida de los productos e incluso para que los que se cocinen en sus hogares
2018	European Food Safety Authority	Implementación del Reglamento de la UE n.º 2017/2158 para la reducción de acrilamida en los productos alimenticios
2019	La Confederation of the Food and Drink Industry (CIAA). UE	Actualización de lineamientos: "Acrilamide Toolbox"(EFSA, 2019)

JECFA. Comité de Expertos del Codex en Aditivos y contaminantes Alimentarios -Adaptado de: (AECOSAN, 2017)

I.3.9. Estrategias de mitigación

Desde el descubrimiento de la AA en alimentos, en el año, 2002, se ha referido la necesidad de adoptar medidas para reducir el consumo de este componente en la dieta (Stadler,2019; Rifai & Saleh, 2020). Las estrategias para mitigar la formación de AA se han establecido considerando bien sea grupos de alimentos específicos asociados de manera importante con este componente tales como productos de patatas, cereales y derivados (pan, galletas, cereales para el desayuno), café, entre otros (Lineback *et al.*, 2012) o modificación de variables del proceso, implementación de tratamientos previos y/o de las técnicas de procesamiento. Dependiendo de la situación, se identifica la estrategia más adecuada y la forma de sensibilizar al público sobre el peligro que representa la presencia de AA en alimentos y los riesgos para la salud (Maan *et al.*, 2020). Se han diseñado parámetros clave (KP) para la evaluación de las estrategias de mitigación tales como la Tasa de reducción (KP1) definida como el porcentaje del contaminante que se puede reducir con la estrategia de mitigación; Efectos secundarios (KP2) relacionados con la modificación de sabor, color, textura y otros compuestos. Finalmente, Aplicabilidad e impacto económico (KP3) que valora la facilidad de implementación de la estrategia y el costo (Palermo *et al.*, 2016).

Patatas fritas: pasabocas y productos fritos elaborados con patatas

La reducción de AA se puede realizar a lo largo del proceso de cultivo, cosecha, almacenamiento y elaboración de los productos. Para iniciar, tanto las condiciones climáticas como los tipos de tubérculos influyen en los contenidos de azúcares reductores como de asparagina. Se han encontrado bajos niveles de precursores cuando las temperaturas de crecimiento de los tubérculos oscilan entre 15°C y 20°C, en variedades nativas específicas o en variedades que han sido mejoradas o modificadas genéticamente; por ejemplo, patatas con bajos contenidos de azúcares reductores (menos de 1g/kg de peso) o patatas con introducción del gen de la asparagina sintetasa-1 (Asn1) que tienen menos contenido de Asparagina (Rifai & Saleh, 2020).

Adicionalmente se recomienda la recolección de las patatas en un estado de madurez óptimo, para evitar alta concentración de azúcares reductores. Tiempos prolongados de almacenamiento favorecen la formación de azúcares reductores y por ende de AA (Stadler, 2019). Por otro lado, la variación de la fertilización con compuestos azufrados para impactar la relación asparagina/aminoácidos totales. Esta última medida presenta resultados variables y por tanto no tiene un efecto demostrado (EFSA, 2019).

Tratamientos previos como el escaldado y el remojo podrían favorecer la reducción en la generación de AA. El escaldado en agua a 150° C durante 43 segundos tuvo mayor efecto en la reducción de asparagina y azúcares reductores (principalmente glucosa). Por su parte, el lavado y remojo previo generan lixiviación de los azúcares y que luego de la fritura, las patatas desarrollen menos color (Rifai & Saleh, 2020).

Procesos alternos a los convencionales también han sido probados; por ejemplo, el horneado al vacío (horneado con aplicación de vacío (6,67 Pa) a 60°C o método combinado: tiempo de cocción convencional a 180°C + tiempo de post-cocción al vacío a 130°C (10 mbar, horneado al vacío) redujeron la formación de acrilamida en las papas fritas horneadas hasta en un 98 % y un 95% respectivamente. El tiempo y temperatura de fritura son los factores más críticos en la formación de AA, por tanto, su reducción, sin afectar las propiedades sensoriales, corresponde a una de las estrategias de mitigación más efectivas (Palazoglu *et al.*, 2010;V Gökmen, 2016); sin embargo, se debe considerar que dejar los tubérculos a menores temperaturas durante mayor tiempo favorece la absorción de grasa y que la cocción insuficiente podría propiciar el crecimiento de microorganismos al cabo de algún tiempo (EFSA, 2019)

El tratamiento enzimático, se basa en el uso de asparaginasa. Se ha comprobado la adición de L-Asparagina(8000U/L) de *Bacillus subtilis* B11 en patatas en rodaja; L-Asparaginase (300 U/mL de *Fusarium culmorum* en papas chips y de L-Asparaginase de *Aspergillus oryzae* CCT 3940) en patatas a la francesa. Los porcentajes de reducción de AA alcanzados fueron de 82%, 86% y 72% respectivamente (Maan *et al.*, 2020). Este tratamiento es efectivo, fácil de manejar y los costos relativamente altos probablemente disminuyan en el futuro cercano (Palermo *et al.*, 2016)(Jia *et al.*,

2021). Por otra parte, se han propuesto la incorporación de dos tipos de aditivos; iones di y trivalentes como las sales de calcio y magnesio para la reducción de la AA; no obstante, sus efectos respectivos sobre textura y sabor no son deseables y la adición de colorantes, si son permitidos por la legislación de cada país, para conferir el color dorado de preferencia por los consumidores.

Finalmente se hace énfasis en las recomendaciones de preparación que se les deben realizar a cocineros y consumidores y a los fabricantes de patatas prefritas en relación con los tiempos de escaldado y fritura (EFSA, 2019).

Productos de panadería fina (galletas, galletas saladas, obleas, pan crujiente y pan de jengibre)

A diferencia de las patatas, en los productos elaborados con cereales el factor determinante de la formación de AA no es el contenido de azúcares reductores, el cual es ampliamente variable, sino de asparagina (EFSA, 2019). En consecuencia es fundamental el conocimiento de los niveles de este aminoácido libre, de cereales alternativos y condiciones de fertilización, sin exceso de nitrógeno, que disminuyan la disponibilidad de este sustrato (Muttucumaru *et al.*, 2008;(Loaëc *et al.*, 2014). La alternativa de generar cereales bajos en asparagina es aún lejana. Una opción es elaborar productos con granos refinados o harinas de bajo grado de extracción, que al tener menos germen y salvado, tienen menos asparagina (EFSA, 2019).

En las formulaciones de preparaciones con cereales se recomienda la sustitución de leudantes que contengan amonio por otros que contengan potasio y sodio, evitar la adición de azúcares reductores y adicionar asparaginasa. Adicionalmente se recomienda que durante el procesado se regule la temperatura y el tiempo de horneado así como la humedad final del producto (Codex Alimentarius, 2009); no obstante se considera que estas estrategias tienen limitaciones de aplicabilidad a nivel de la industria (Palermo *et al.*, 2016).

Estudios recientes demuestran la capacidad de la levadura de panadería *Saccharomyces cerevisiae* y de bacterias *Lactobacillus sp.*, *Bifidobacterium sp* de unirse e inhibir la formación de AA, pero aún se desconoce los mecanismos (Koszucka *et al.*, 2019). Finalmente, la adición de ingredientes como extracto de romero, aceite y hojas secas a la masa de trigo, redujo la AA en un 62 %, 67 % y 57 % respectivamente (Rifai & Saleh, 2020)

Con respecto a al café y cacao, se ha identificado que el control de temperaturas y tiempos de torrefacción es fundamental. Tostar el café a 236°C durante 10 min en comparación con 4 minutos logró la reducción de la AA formada en 38,66% y tostar los granos de cacao durante 2,5 minutos a 110°C en comparación con 150°C redujo la AA en un 84,61% (Maan *et al.*, 2020); a pesar de estos resultados aún no hay medidas comerciales disponibles para reducir la AA en el café (Rifai & Saleh, 2020).

I.4. BIBLIOGRAFÍA

- Abbott, P.C., Benjamin, T.J., Burniske, G.R., Croft, M.M., Fenton, M., Kelly, C.R., Lundy, M., Rodriguez Camayo, F., W. M. D. (2017). An Analysis on the Supply Chain of cacao in Colombia. *Análisis de La Cadena Productiva Del Cacao En Colombia*, November, 208.
- Abt, E., Robin, L. P., McGrath, S., Srinivasan, J., DiNovi, M., Adachi, Y., & Chirtel, S. (2019). Acrylamide levels and dietary exposure from foods in the United States, an update based on 2011-2015 data. *Food Additives and Contaminants - Part A Chemistry, Analysis, Control, Exposure and Risk Assessment*, 36(10), 1475–1490. <https://doi.org/10.1080/19440049.2019.1637548>
- AECOSAN. (2017). *Revista del Comité Científico de la AECOSAN*. 26(007), 29.
- Akkurt, K., Mogol, B. A., & Gökmen, V. (2021). Mitigation of acrylamide in baked potato chips by vacuum baking and combined conventional and vacuum baking processes. *Lwt*, 144(February), 1–8. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2021.111211>
- Al-Qahtani1, F. A. e. al. (2017). Effects of alpha lipoic acid on acrylamide-induced hepatotoxicity in rats. *Cellular and Molecular Biology*, 51(1), 1.
- Álvarez Sánchez, D., & Chaves, D. M. (2017). El cultivo de trigo en Colombia: Su agonía y posible desaparición. *Revista de Ciencias Agrícolas*, 34(2), 125–137. <https://doi.org/10.22267/rcia.173402.77>
- Alyousef, H. A., Wang, H., Al-Hajj, N. Q. M., & Koko, M. Y. F. (2016). Determination of acrylamide levels in selected commercial and traditional foods in Syria. *Tropical Journal of Pharmaceutical Research*, 15(6), 1275–1281. <https://doi.org/10.4314/tjpr.v15i6.21>
- Amalie, C., Timmermann, G., Mølck, S. S., Kadawathagedara, M., Bjerregaard, A. A., Törnqvist, M., Brantsaeter, A. L., & Pedersen, M. (2021). *toxics A Review of Dietary Intake of Acrylamide in Humans*. <https://doi.org/10.3390/toxics9070155>
- Amrein, T.M., Limacher, A., Conde-Petit, B., Amadó, R., & Escher, F. (2006). Influence of thermal processing conditions on acrylamide generation and browning in a potato model system. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 54(16), 5910–5916. <https://doi.org/10.1021/jf060815c>
- Amrein, Thomas M, Bachmann, S., Noti, A., Biedermann, M., Barbosa, M. F., Biedermann-Brem, S., Grob, K., Keiser, A., Realini, P., Escher, F., & Amado, R. (2003). *Potential of Acrylamide Formation, Sugars, and Free Asparagine in Potatoes: A Comparison of Cultivars and Farming Systems*. <https://doi.org/10.1021/jf034344v>
- Andačić, I. M., Tot, A., Ivešić, M., Krivohlavek, A., Thirumdas, R., Barba, F. J., Sabolović, M. B., Kljusurić, J. G., & Brnčić, S. R. (2020). Exposure of the Croatian adult population to acrylamide through bread and bakery products. *Food Chemistry*, 322. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2020.126771>
- Andres, S., Schultrich, K., Monien, B., Buhrke, T., Bakhiya, N., Frenzel, F., Abraham, K., Schäfer, B., & Lampen, A. (2017). Erhitzungsbedingte Kontaminanten in Lebensmitteln: Acrylamid, Furan und Fettsäureester von Monochlorpropandiolen und Glycidol. In *Bundesgesundheitsblatt - Gesundheitsforschung - Gesundheitsschutz* (Vol. 60, Issue 7, pp. 737–744). Springer Verlag. <https://doi.org/10.1007/s00103-017-2564-3>
- Arisseto, A. P., Toledo, M. C. de F., Govaert, Y., van Loco, J., Fraselle, S., Degroot, J. M., & Caroba, D. C. R. (2009). Contribution of selected foods to acrylamide intake by a population of Brazilian adolescents. *LWT - Food Science and Technology*, 42(1), 207–211. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2008.05.024>
- Arisseto, A. P., Toledo, M. C., Govaert, Y., Van Loco, J., Fraselle, S., Weverbergh, E., & Degroot, J. M. (2007). Determination of acrylamide levels in selected foods in Brazil. *Food Additives and Contaminants*, 24(3), 236–241. <https://doi.org/10.1080/02652030601053170>

- Bagdonaite, K., Derler, K., & Murkovic, M. (2008). *Determination of Acrylamide during Roasting of Coffee*. <https://doi.org/10.1021/jf073051p>
- Barón Cortés, W. R., Vásquez Mejía, S. M., & Suárez Mahecha, H. (2021). Consumption study and margin of exposure of acrylamide in food consumed by the Bogota population in Colombia. *Journal of Food Composition and Analysis*, *100*. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2021.103934>
- Bassama, J., Brat, P., Bohuon, P., Hocine, B., Boulanger, R., & Günata, Z. (2011). Acrylamide kinetic in plantain during heating process: Precursors and effect of water activity. *Food Research International*, *44*(5), 1452–1458. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2011.03.018>
- Bassama, J., Brat, P., Boulanger, R., Günata, Z., & Bohuon, P. (2012). Modeling deep-fat frying for control of acrylamide reaction in plantain. *Journal of Food Engineering*, *113*(1), 156–166. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2012.04.004>
- Becerra, I. C., Díaz, A. M., García, E., Maluendas, A. V., Quintero, L. E., Reina, D., Ortegón, M., Samacá, H., & Viveros, J. S. (2019). Análisis situacional cadena productiva del arroz en colombia. *Upra, MINAGRICULTURA*, 305. <http://ediciones.ucc.edu.co/index.php/ucc/catalog/download/33/35/212-1?inline=1>
- Bedoya-Ramírez, D., Cilla, A., Contreras-Calderón, J., & Alegría-Torán, A. (2017). Evaluation of the antioxidant capacity, furan compounds and cytoprotective/cytotoxic effects upon Caco-2 cells of commercial Colombian coffee. *Food Chemistry*, *219*, 364–372. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2016.09.159>
- Bent, G. A., Maragh, P., & Dasgupta, T. (2012). Acrylamide in Caribbean foods - Residual levels and their relation to reducing sugar and asparagine content. *Food Chemistry*, *133*(2), 451–457. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2012.01.067>
- Bertuzzi, T., Martinelli, E., Mulazzi, A., & Rastelli, S. (2020). Acrylamide determination during an industrial roasting process of coffee and the influence of asparagine and low molecular weight sugars. *Food Chemistry*, *303*. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.125372>
- Birlouez-Aragon, I., Morales, F., Fogliano, V., & Pain, J.-P. (2010). The health and technological implications of a better control of neoformed contaminants by the food industry. *Pathologie Biologie*, *58*(3), 232–238. <https://doi.org/10.1016/j.patbio.2009.09.015>
- Blandino, M., Alfieri, M., Giordano, D., Vanara, F., & Redaelli, R. (2017). Distribution of bioactive compounds in maize fractions obtained in two different types of large scale milling processes. *Journal of Cereal Science*, *77*, 251–258. <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2017.08.006>
- Borges, C. V., Maraschin, M., Coelho, D. S., Leonel, M., Gomez, H. A. G., Belin, M. A. F., Diamante, M. S., Amorim, E. P., Gianeti, T., Castro, G. R., & Lima, G. P. P. (2020). Nutritional value and antioxidant compounds during the ripening and after domestic cooking of bananas and plantains. *Food Research International*, *132*(March 2019), 109061. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2020.109061>
- Cespedes, E. M., & Hu, F. B. (2015). Dietary patterns: From nutritional epidemiologic analysis to national guidelines. *American Journal of Clinical Nutrition*, *101*(5), 899–900. <https://doi.org/10.3945/ajcn.115.110213>
- Chen, G., & Scott Smith, J. (2015). Determination of advanced glycation endproducts in cooked meat products. *Food Chemistry*, *168*, 190–195. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2014.06.081>
- Chen, Y.-H., Xia, E.-Q., Xu, X.-R., Ling, W.-H., Li, S., Wu, S., Deng, G.-F., Zou, Z.-F., Zhou, J., & Li, H.-B. (2012). Evaluation of Acrylamide in Food from China by a LC/MS/MS Method. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, *9*(11), 4150–4158. <https://doi.org/10.3390/ijerph9114150>
- Chen, Y., Wu, Y., Fu, J., & Fan, Q. (2020). Comparison of different rice flour- and wheat flour-based butter cookies for acrylamide formation. *Journal of Cereal Science*, *95*(May), 103086. <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2020.103086>

- Choe, E., & Min, D. B. (2007). Chemistry of deep-fat frying oils. *Journal of Food Science*, 72(5). <https://doi.org/10.1111/j.1750-3841.2007.00352.x>
- Claeys, W., De Meulenaer, B., Huyghebaert, A., Scippo, M. L., Hoet, P., & Matthys, C. (2016). Reassessment of the acrylamide risk: Belgium as a case-study. *Food Control*, 59, 628–635. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2015.06.051>
- Codex Alimentarius. (2009). *Código de Prácticas Reducción del contenido de acrilamida en los alimentos*.
- Comisión Europea. (2017). REGLAMENTO (UE) 2017/ 2158 DE LA COMISIÓN de 20 de noviembre de 2017 por el que se establecen medidas de mitigación y niveles de referencia para reducir la presencia de acrilamida en los alimentos. *Diario Oficial de La Unión Europea*, L304(6), 24–44. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/PDF/?uri=CELEX:32017R2158&from=en>
- DANE. (2011). *Encuesta Nacional de Arroz Mecanizado I Semestre de 2011. Boletín de prensa*. Bogotá D.C. Retrieved from https://www.dane.gov.co/files/investigaciones/boletines/arroz/bol_arroz_lsem11.pdf
- David, C., & Tovar, G. (2013). Producción y procesamiento del maíz. *Revista Científica Guillermo de Ockham*, 11(1), 97–110.
- Delgado-Ospina, J., Lucas-González, R., Viuda-Martos, M., Fernández-López, J., Pérez-Álvarez, J. A., Martuscelli, M., & Chaves-López, C. (2021). Bioactive compounds and techno-functional properties of high-fiber co-products of the cacao agro-industrial chain. *Heliyon*, 7(4). <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2021.e06799>
- Delgado, R. M., Aràmbula-Villa, G., Luna-Bàrcenas, G., Flores-Casamayor, V., Veles-Medina, J. J., Azuara, E., & Salazar, R. (2016). Acrylamide content in tortilla chips prepared from pigmented maize kernels | Contenido de acrilamida en frituras de tortilla preparadas a partir de máices pigmentados. *Revista Mexicana de Ingeniera Química*, 15(1), 69–78.
- Dimitrieska-Stojkovikj, E., Angeleska, A., Stojanovska-Dimzoska, B., Hajrilai-Musliu, Z., Koceva, D., Uzunov, R., Ilievska, G., Stojković, G., & Jankuloski, D. (2019). Acrylamide content in food commodities consumed in North Macedonia and its risk assessment in the population. In *Journal of Food Quality and Hazards Control* (Vol. 6, Issue 3, pp. 101–108). <https://doi.org/10.18502/jfqhc.6.3.1383>
- Dunovská, L., Hajšlová, J., Čajka, T., Holadová, K., & Hájková, K. (2004). Changes of acrylamide levels in food products during technological processing. *Czech Journal of Food Sciences*, 22(SI-Chem. Reactions in Foods V), S283–S286. <https://doi.org/10.17221/10682-cjfs>
- EFSA. (2012). Update on acrylamide levels in food from monitoring years 2007 to 2010. *EFSA Journal*, 10(10), 1–38. <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2012.2938>
- EFSA. (2015). Scientific Opinion on acrylamide in food. *EFSA Journal*, 13(6). <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2015.4104>
- EFSA. (2019). Acrylamide toolbox 2019. *EFSA Journal*, 13(6), 1–68. <https://www.fooddrinkeurope.eu/resource/acrylamide-toolbox/>
- Eicher, A., Biedermann, M., Suter, G., Felder, F., Stalder, U., & Mccombie, G. (2020). Exposure to acrylamide from home-cooked food : fried potatoes (rösti) in Switzerland as an example. *Food Additives & Contaminants: Part A*, 37(12), 2061–2069. <https://doi.org/10.1080/19440049.2020.1828624>
- El-Ziney, M. G., Al-Turki, A. A., & Tawfik, M. S. (2009). Acrylamide status in selected traditional Saudi foods and infant milk and foods with estimation of daily exposure. *American Journal of Food Technology*, 4(5), 177–191. <https://doi.org/10.3923/ajft.2009.177.191>
- FAO/OMS. (2005). *Nota de información INFOSAN No.2 2005/Acrilamida*.
- FAO/WHO. (2002). *Consultation on the health implications of acrylamide in food*. June, 21.
- FAO. (2002). La yuca. *Fao-Ciat*, 18.

- FAO. (2004). El Arroz y la Nutrición Humana. *Año Internacional Del Arroz, Cuadro 1, 2*. <http://www.fao.org/rice2004/es/f-sheet/hoja3.pdf>
- FAO. (2007). Panela production as a strategy for diversifying incomes in rural area of Latin America. *Agricultural Management, Marketing and Finance Service, 6*, 1–97. <http://www.fao.org/docrep/016/ap307e/ap307e.pdf>
- FAOSTAT. (2020). *Estadísticas de FAO*.
- FEDECAFE. (2011). *Sostenibilidad Sostenibilidad Acción*. 175.
- Fedepapa. (2020). *Informe trimestral de coyuntura económica del subsector papa. III trimestre-2020*.
- Food Standards Australia New Zealand. (2014). *Food Standards Australia New Zealand– 24th Australian Total Diet Study - 1778-FSANZ_AustDietStudy-web.pdf*. http://www.foodstandards.gov.au/publications/Documents/1778-FSANZ_AustDietStudy-web.pdf
- Fukagawa, N. K., & Ziska, L. H. (2019). Rice: importance for global nutrition. *Journal of Nutritional Science and Vitaminology, 65*, S2–S3. <https://doi.org/10.3177/jnsv.65.S2>
- García, J. M., Narváez, P. C., Heredia, F. J., Orjuela, Á., & Osorio, C. (2017). Physicochemical and sensory (aroma and colour) characterisation of a non-centrifugal cane sugar (“panela”) beverage. *Food Chemistry, 228*, 7–13. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2017.01.134>
- Gertz, C., & Klostermann, S. (2002). Analysis of acrylamide and mechanisms of its formation in deep-fried products. *European Journal of Lipid Science and Technology, 104*(11), 762–771. [https://doi.org/10.1002/1438-9312\(200211\)104:11<762::AID-EJLT762>3.0.CO;2-R](https://doi.org/10.1002/1438-9312(200211)104:11<762::AID-EJLT762>3.0.CO;2-R)
- Gertz, Christian, Klostermann, S., & Kochhar, S. P. (2003). Deep frying: The role of water from food being fried and acrylamide formation. *OCL - Oleagineux Corps Gras Lipides, 10*(4), 297–303. <https://doi.org/10.1051/ocl.2003.0297>
- Gil, M., Ruiz, P., Quijano, J., Londono-Londono, J., Jaramillo, Y., Gallego, V., Tessier, F., & Notario, R. (2020). Effect of temperature on the formation of acrylamide in cocoa beans during drying treatment: An experimental and computational study. *Heliyon, 6*(2). <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2020.e03312>
- Göble, A., & Kliemant, A. (2007). The German minimisation concept of Acrylamide. *International Journal of Production Research, 23*(september), 1–36.
- Gökmen, V. (2016). Introduction: Potential Safety Risks Associated with Thermal Processing of Foods. In *Acrylamide in Food: Analysis, Content and Potential Health Effects* (pp. xxi–xxvi). <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-802832-2.02001-5>
- Gökmen, Vural, & Şenyuva, H. Z. (2007). Acrylamide formation is prevented by divalent cations during the Maillard reaction. *Food Chemistry, 103*(1), 196–203. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2006.08.011>
- Gómez-narváez, F., Mesías, M., Delgado-andrade, C., Contreras-calderón, J., Ubillús, F., Cruz, G., & Morales, F. J. (2019). Occurrence of acrylamide and other heat-induced compounds in panela : Relationship with physicochemical and antioxidant parameters. *Food Chemistry, 301*(March), 125256. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.125256>
- Granvogel, M., & Schieberle, P. (2006). Thermally Generated 3-Aminopropionamide as a Transient Intermediate in the Formation of Acrylamide. *Journal of Agricultural and Food Chemistry, 54*(16), 5933–5938. <https://doi.org/10.1021/JF061150H>
- Herrán, O. F., Álvarez, D. C., & Quintero-Lesmes, D. C. (2020). Dietary patterns and breast cancer in Colombia: An ecological study. *International Health, 12*(4), 317–324. <https://doi.org/10.1093/INTHEALTH/IHZ085>
- Herrán, O. F., Villamor, E., & Quintero-lesmes, D. C. (2019). *Adherence to a snacking dietary pattern is decreasing in Colombia among the youngest and the wealthiest: results of two representative national surveys*. 1–11.

- ICBF. (2013). Hoja de Balance de Alimentos colombiana. Año 2010. In *Journal of Chemical Information and Modeling* (Vol. 53, Issue 9).
- ICBF. Instituto Colombiano de Bienestar Familiar (2018). *Tabla de composición de alimentos colombianos (TCAC)*. <https://www.icbf.gov.co/bienestar/nutricion/tabla-alimentos>
- ICBF. (2020). *Encuesta Nacional de la Situación Nutricional en Colombia (ENSIN) 2015*. ICBF & FAO. (2020). Guías alimentarias para la población colombiana. Mi plato saludable. Documento técnico. (Instituto Colombiano de Bienestar Familiar & Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, Eds.; 2da ed.). <https://www.minsalud.gov.co/sites/rid/Lists/BibliotecaDigital/RIDE/VS/PP/SNA/guias-alimentarias-basadas-en-alimentos.pdf>
- Ishihara, K., Matsunaga, A., Nakamura, K., Sakuma, K., & Koga, H. (2006). Examination of conditions inhibiting the formation of acrylamide in the model system of fried potato. *Bioscience, Biotechnology and Biochemistry*, 70(7), 1616–1621. <https://doi.org/10.1271/bbb.50680>
- Jackson, L. S., & Al-Taher, F. (2010). Processing Issues: Acrylamide, Furan and Trans Fatty Acids. In *Ensuring Global Food Safety* (pp. 383–410). Elsevier Inc. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-374845-4.00023-0>
- Jaeger, H., Janositz, A., & Knorr, D. (2010). La réaction de Maillard et son contrôle pendant la fabrication des aliments. Le potentiel des nouvelles technologies. *Pathologie Biologie*, 58(3), 207–213. <https://doi.org/10.1016/j.patbio.2009.09.016>
- Jia, R., Wan, X., Geng, X., Xue, D., Xie, Z., & Chen, C. (2021). Microbial L-asparaginase for application in acrylamide mitigation from food: Current research status and future perspectives. *Microorganisms*, 9(8). <https://doi.org/10.3390/microorganisms9081659>
- Jolliffe, I. T., & Cadima, J. (n.d.). *Principal component analysis: a review and recent developments*. <https://doi.org/10.1098/rsta.2015.0202>
- Kafouris, D., Stavroulakis, G., Christofidou, M., Iakovou, X., & Christou, E. (2018). *Determination of acrylamide in food using a UPLC – MS / MS method : results of the official control and dietary exposure assessment in Cyprus*. 35(10), 1928–1939.
- Kaneghah, Fakhri, Y., Nematollahi, A., Seilani, F., & Vasseghian, Y. (2020). The Concentration of Acrylamide in Different Food Products: A Global Systematic Review, Meta-Analysis, and Meta-Regression. *Food Reviews International*, 00(00), 1–19. <https://doi.org/10.1080/87559129.2020.1791175>
- Kant, A. K. (2004). *Dietary Patterns and Health Outcomes*. <https://doi.org/10.1016/j.jada.2004.01.010>
- Khatib, A., & Hanisah binti Juhari, N. (2012). High-performance liquid chromatographic determination of 5-hydroxymethyl furfural in roasted plantain cultivars. In *Article in Journal of Food Agriculture and Environment*. <https://www.researchgate.net/publication/277668850>
- Koszucka, A., Nowak, A., Nowak, I., & Motyl, I. (2019). Acrylamide in human diet, its metabolism, toxicity, inactivation and the associated European Union legal regulations in food industry. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 1–16. <https://doi.org/10.1080/10408398.2019.1588222>
- Kovalskys, I., Fisberg, M., Gómez, G., Pareja, R. G., Yépez García, M. C., Cortés Sanabria, L. Y., Herrera-Cuenca, M., Rigotti, A., Guajardo, V., Zalcmán Zimberg, I., Nogueira Previdelli, A., Moreno, L. A., & Koletzko, B. (2018). Energy intake and food sources of eight Latin American countries: Results from the Latin American Study of Nutrition and Health (ELANS). *Public Health Nutrition*, 21(14), 2535–2547. <https://doi.org/10.1017/S1368980018001222>
- Krishnakumar T, V. R. (2014). Krishnakumar. *Journal of Food Processing & Technology*, 05(07). <https://doi.org/10.4172/2157-7110.1000344>
- Lantz, I., Ternité, R., Wilkens, J., Hoenicke, K., Guenther, H., & Van Der Stegen, G. H. D. (2006).

- Studies on acrylamide levels in roasting, storage and brewing of coffee. *Molecular Nutrition and Food Research*, 50(11), 1039–1046. <https://doi.org/10.1002/mnfr.200600069>
- Lee, S., & Kim, H. J. (2020). Dietary exposure to acrylamide and associated health risks for the Korean population. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 17(20), 1–11. <https://doi.org/10.3390/ijerph17207619>
- Leech, R. M., Worsley, A., Timperio, A., & McNaughton, S. A. (2015). *Understanding meal patterns: definitions, methodology and impact on nutrient intake and diet quality*. 1–21. <https://doi.org/10.1017/S0954422414000262>
- Lim, P. K., Jinap, S., Sanny, M., Tan, C. P., & Khatib, A. (2014). The influence of deep frying using various vegetable oils on acrylamide formation in sweet potato (*Ipomoea batatas* L. Lam) chips. *Journal of Food Science*, 79(1). <https://doi.org/10.1111/1750-3841.12250>
- Lineback, D. R., Coughlin, J. R., & Stadler, R. H. (2012). Acrylamide in Foods: A Review of the Science and Future Considerations. *Annual Review of Food Science and Technology*, 3(1), 15–35. <https://doi.org/10.1146/annurev-food-022811-101114>
- Loaëc, G., Niquet-Léridon, C., Henry, N., Jacolot, P., Volpoet, G., Goudemand, E., Janssens, M., Hance, P., Cadalen, T., Hilbert, J.-L., Desprez, B., & Tessier, F. J. (2014). Effects of variety, agronomic factors, and drying on the amount of free asparagine and crude protein in chicory. Correlation with the acrylamide formation during roasting. *Food Research International*, 63, 299–305. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2014.03.010>
- Maan, A. A., Anjum, M. A., Khan, M. K. I., Nazir, A., Saeed, F., Afzaal, M., & Aadil, R. M. (2020). Acrylamide Formation and Different Mitigation Strategies during Food Processing—A Review. *Food Reviews International*, 00(00), 1–18. <https://doi.org/10.1080/87559129.2020.1719505>
- Matoso, V., Bargi-Souza, P., Ivanski, F., Romano, M. A., & Romano, R. M. (2019). Acrylamide: A review about its toxic effects in the light of Developmental Origin of Health and Disease (DOHaD) concept. *Food Chemistry*, 283, 422–430. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.01.054>
- Matthäus, B., & Haase, N. U. (2002). *Acrylamide-Still a matter of concern for fried potato food? Ä.* <https://doi.org/10.1002/ejlt.201300281>
- McCombie, G., Biedermann, M., Biedermann-Brem, S., Suter, G., Eicher, A., & Pfeifferle, A. (2016). Acrylamide in a fried potato dish (rösti) from restaurants in Zurich, Switzerland. *Food Additives and Contaminants: Part B Surveillance*, 9(1), 21–26. <https://doi.org/10.1080/19393210.2015.1102974>
- Medeiros Vinci, R., Mestdagh, F., & De Meulenaer, B. (2012). Acrylamide formation in fried potato products - Present and future, a critical review on mitigation strategies. *Food Chemistry*, 133(4), 1138–1154. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2011.08.001>
- Mesías, M., Holgado, F., Márquez-Ruiz, G., & Morales, F. J. J. (2016). An investigation of process contaminants' formation during the deep frying of breadcrumbs using a bread coat model. *Food and Function*, 7(3), 1645–1654. <https://doi.org/10.1039/c6fo00031b>
- Mesias, M., Delgado-Andrade, C., Gómez-Narváez, F., Contreras-Calderón, J., & Morales, F. J. (2020). Formation of acrylamide and other heat-induced compounds during panela production. *Foods*, 9(4). <https://doi.org/10.3390/foods9040531>
- Mesias, M., Delgado-Andrade, C., Holgado, F., & Morales, F. J. (2020). Acrylamide in French fries prepared at primary school canteens. In *Food and Function* (Vol. 11, Issue 2, pp. 1489–1497). <https://doi.org/10.1039/c9fo02482d>
- Mesias, Marta, Delgado-Andrade, C., Holgado, F., & Morales, F. J. (2019). Acrylamide content in French fries prepared in food service establishments. *LWT*, 100, 83–91. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2018.10.050>
- Mesias, Marta, Delgado-Andrade, C., & Morales, F. J. (2020). Process contaminants in battered and

- breaded foods prepared at public food service establishments. *Food Control*, 114. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2020.107217>
- Mesías, Marta, & Morales, F. J. (2016). Acrylamide in coffee: Estimation of exposure from vending machines. *Journal of Food Composition and Analysis*, 48, 8–12. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2016.02.005>
- Michalak, J, Czarnowska-Kujawska, M., & Gujska, E. (2019). Acrylamide and thermal-processing indexes in market-purchased food. In *International Journal of Environmental Research and Public Health* (Vol. 16, Issue 23). <https://doi.org/10.3390/ijerph16234724>
- Michalak, Joanna, Gujska, E., & Klepacka, J. (2011). The Effect of Domestic Preparation of Some Potato Products on Acrylamide Content. *Plant Foods for Human Nutrition*, 66(4), 307–312. <https://doi.org/10.1007/s11130-011-0252-2>
- Ministerio de protección social. (2006). *Resolucion 779 de 2006 por la cual se establece el reglamento tecnico sobre los requisitos sanitarios que se deben cumplir en la produccion y comercializacion de panela para consumo humano*. 2006(Marzo 17). [file:///C:/Users/ASUS/Downloads/resolucion_779_de_2006\(1\).pdf](file:///C:/Users/ASUS/Downloads/resolucion_779_de_2006(1).pdf)
- Ministerio de Salud, I. (2012). *CONCEPTO CIENTIFICO ACRILAMIDA EN PANELA*.
- Mora-García, G., María, •, Ruiz-Díaz, S., Villegas, R., & García-Larsen, V. (2020). Changes in diet quality over 10 years of nutrition transition in Colombia: analysis of the 2005 and 2015 nationally representative cross-sectional surveys. *Ó Swiss School of Public Health*, 2020. <https://doi.org/10.1007/s00038-020-01396-1>
- Mottram, D. S., Wedzicha, B. L., & Dodson, A. T. (2002). Food chemistry: Acrylamide is formed in the Maillard reaction. *Nature*, 419(6906), 448–449. <https://doi.org/10.1038/419448a>
- Muttucumar, N., Elmore, J. S., Curtis, T., Mottram, D. S., Parry, M. A. J., & Halford, N. G. (2008). Reducing acrylamide precursors in raw materials derived from wheat and potato. In *Journal of Agricultural and Food Chemistry* (Vol. 56, Issue 15, pp. 6167–6172). <https://doi.org/10.1021/jf800279d>
- Narayanan, N. N., Ithemere, U., Ellery, C., & Sayre, R. T. (2011). Overexpression of hydroxynitrile lyase in cassava roots elevates protein and free amino acids while reducing residual cyanogen levels. *PLoS ONE*, 6(7). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0021996>
- Ocampo T., P. R., Prada G., G. E., & Herrán F., O. F. (2014). Patrones de consumo alimentario y exceso de peso infantil; encuesta de la situación nutricional en Colombia, 2010. *Revista Chilena de Nutricion*, 41(4), 351–359. <https://doi.org/10.4067/S0717-75182014000400002>
- Ocké, M. C. (2013). Evaluation of methodologies for assessing the overall diet: Dietary quality scores and dietary pattern analysis. *Proceedings of the Nutrition Society*, 72(2), 191–199. <https://doi.org/10.1017/S0029665113000013>
- Ofosu, I. W., Ankar-Brewoo, G. M., Lutterrodt, H. E., Benefo, E. O., & Menyah, C. A. (2019). Estimated daily intake and risk of prevailing acrylamide content of alkalized roasted cocoa beans. *Scientific African*, 6, e00176. <https://doi.org/10.1016/j.sciaf.2019.e00176>
- Okiyama, D. C. G., Navarro, S. L. B., & Rodrigues, C. E. C. (2017). Cocoa shell and its compounds: Applications in the food industry. *Trends in Food Science and Technology*, 63, 103–112. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2017.03.007>
- Ordoñez Caicedo, C. (2012). *Gran Libro de la Cocina Colombiana*. Ministerio de Cultura.
- Otache, M. A., Agbajor, G. K., Akpovona, A. E., & Ogoh, B. (2017). *Quantitative Determination of Sugars in Three Varieties of Cassava Pulp*. 3(3), 1–8. <https://doi.org/10.9734/AJOCS/2017/37112>
- Pacetti, D., Gil, E., Frega, N. G., Álvarez, L., Dueñas, P., Garzón, A., & Lucci, P. (2015). Acrylamide levels in selected Colombian foods. *Food Additives and Contaminants: Part B Surveillance*, 8(2), 99–105. <https://doi.org/10.1080/19393210.2014.995236>

- Pacheco, M. D., Christian, J. I., & Feng, B. (2012). Study of Maillard reaction inhibitors for the sugar cane processing. In *American Journal of Food Technology* (Vol. 7, Issue 8, pp. 470–478). <https://doi.org/10.3923/ajft.2012.470.478>
- Palazoglu, T. K., Savran, D., & Gökmen, V. (2010). Effect of cooking method (baking compared with frying) on acrylamide level of potato chips. *Journal of Food Science*, 75(1). <https://doi.org/10.1111/j.1750-3841.2009.01389.x>
- Palermo, M., Gökmen, V., De Meulenaer, B., Ciesarová, Z., Zhang, Y., Pedreschi, F., & Fogliano, V. (2016). Acrylamide mitigation strategies: Critical appraisal of the FoodDrinkEurope toolbox. *Food and Function*, 7(6), 2516–2525. <https://doi.org/10.1039/c5fo00655d>
- Parra, D. C., Iannotti, L., Gomez, L. F., Pachón, H., Haire-Joshu, D., Sarmiento, O. L., Kuhlmann, A. S., & Brownson, R. C. (2015). The nutrition transition in Colombia over a decade: A novel household classification system of anthropometric measures. *Archives of Public Health*, 73(1). <https://doi.org/10.1186/s13690-014-0057-5>
- Pedreschi, F., Mariotti, M. S., & Granby, K. (2014). Current issues in dietary acrylamide: Formation, mitigation and risk assessment. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 94(1), 9–20. <https://doi.org/10.1002/jsfa.6349>
- Plata-Guerrero, R., Guerra-Hernández, E., & García-Villanova, B. (2009). Determination of reducing sugar and asparagine in potatoes. In *Journal of Liquid Chromatography and Related Technologies* (Vol. 32, Issue 17, pp. 2556–2568). <https://doi.org/10.1080/10826070903249732>
- Pogurschi, E. N., Zugravu, C. A., Ranga, I. N., Trifunschi, S., Munteanu, M. F., Popa, D. C., Tudorache, M., & Custura, I. (2021). Determination of acrylamide in selected foods from the Romanian market. *Foods*, 10(9). <https://doi.org/10.3390/foods10092110>
- Quan, W., Li, Y., Jiao, Y., Xue, C., Liu, G., Wang, Z., He, Z., Qin, F., Zeng, M., & Chen, J. (2020). Simultaneous generation of acrylamide, β -carboline heterocyclic amines and advanced glycation ends products in an aqueous Maillard reaction model system. *Food Chemistry*, 332(June), 127387. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2020.127387>
- Quintero-lesmes, D. C., & Herran, O. F. (2019). *Food Changes and Geography : Dietary Transition in*. 85(1), 1–10.
- Rannou, C., Laroque, D., Renault, E., Prost, C., & Sérot, T. (2016). Mitigation strategies of acrylamide, furans, heterocyclic amines and browning during the Maillard reaction in foods. In *Food Research International* (Vol. 90, pp. 154–176). Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2016.10.037>
- Raters, M., & Matissek, R. (2018). Acrylamide in cocoa: a survey of acrylamide levels in cocoa and cocoa products sourced from the German market. *European Food Research and Technology*, 244(8), 1381–1388. <https://doi.org/10.1007/s00217-018-3051-2>
- Reinhardt, S. L., Boehm, R., Blackstone, N. T., El-Abbadi, N. H., McNally Brandow, J. S., Taylor, S. F., & DeLonge, M. S. (2020). Systematic review of dietary patterns and sustainability in the United States. *Advances in Nutrition*, 11(4), 1016–1031. <https://doi.org/10.1093/ADVANCES/NMAA026>
- Restrepo Klinge, S. (2019). CADENA PRODUCTIVA DE LA PAPA Y SU INDUSTRIA. *Minagricultura*, 8(5), 55.
- Riboldi, B. P., Vinhas, Á. M., & Moreira, J. D. (2014). Risks of dietary acrylamide exposure: A systematic review. *Food Chemistry*, 157, 310–322. <https://doi.org/10.1016/J.FOODCHEM.2014.02.046>
- Rifai, L., & Saleh, F. A. (2020). A Review on Acrylamide in Food: Occurrence, Toxicity, and Mitigation Strategies. In *International Journal of Toxicology* (Vol. 39, Issue 2, pp. 93–102). SAGE Publications Inc. <https://doi.org/10.1177/1091581820902405>

- Sales, C. H., Kovalskys, I., & Fisberg, M. (2019). *Diet Quality and Diet Diversity in Eight Latin American Countries : Results from the Latin American Study of Nutrition and Health (ELANS)*. 1–17.
- Salvador, G., Serra, L., & Ribas, L. (2015). Encuesta de Recordatorio de 24 Horas. *Revista Española de Nutrición Comunitaria*, 21, 3. <https://doi.org/10.14642/RENC.2015.21.sup1.5049>
- Sánchez, E., & Sánchez, C. E. (2012). *Paseo de olla: recetas de las cocinas regionales de Colombia*. Ministerio de Cultura.
- Sarion, C., Codină, G. G., & Dabija, A. (2021). Acrylamide in bakery products: A review on health risks, legal regulations and strategies to reduce its formation. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(8). <https://doi.org/10.3390/ijerph18084332>
- Scott, G. J. (2021). A review of root, tuber and banana crops in developing countries: past, present and future. *International Journal of Food Science and Technology*, 56(3), 1093–1114. <https://doi.org/10.1111/ijfs.14778>
- Seal, C. J., de Mul, A., Eisenbrand, G., Haverkort, A. J., Franke, K., Lalljie, S. P. D., Mykkänen, H., Reimerdes, E., Scholz, G., Somoza, V., Tuijelaars, S., van Boekel, M., van Klaveren, J., Wilcockson, S. J., & Wilms, L. (2008). Risk-benefit considerations of mitigation measures on acrylamide content of foods - A case study on potatoes, cereals and coffee. In *British Journal of Nutrition* (Vol. 99, Issue SUPPL. 2). <https://doi.org/10.1017/S0007114508965314>
- Shamla, L., & Nisha, P. (2017). Acrylamide formation in plantain (*Musa paradisiaca*) chips influenced by different ripening stages: A correlation study with respect to reducing sugars, amino acids and phenolic content. *Food Chemistry*, 222, 53–60. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2016.12.007>
- Shewry, P. R., & Hey, S. J. (2015). The contribution of wheat to human diet and health. *Food and Energy Security*, 4(3), 178–202. <https://doi.org/10.1002/FES3.64>
- Smith, A. D. A. C., Emmett, P. M., Newby, P. K., & Northstone, K. (2013). Dietary patterns obtained through principal components analysis: The effect of input variable quantification. *British Journal of Nutrition*, 109(10), 1881–1891. <https://doi.org/10.1017/S0007114512003868>
- Stadler, R. H. (2019). Food process contaminants. In *ACS Symposium Series* (Vol. 1306, pp. 1–13). <https://doi.org/10.1021/bk-2019-1306.ch001>
- Stadler, Richard H., & Scholz, G. (2004). Acrylamide: An update on current knowledge in analysis, levels in food, mechanisms of formation, and potential strategies of control. *Nutrition Reviews*, 62(12), 449–467. <https://doi.org/10.1301/nr.2004.janr.449-467>
- Stadler, Richard H., & Studer, A. (2016). Acrylamide in Food Products: A Review Krishnakumar and Visvanathan. *Acrylamide in Food: Analysis, Content and Potential Health Effects*, 1–17. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-802832-2.00001-2>
- Tapsell, L. C., Neale, E. P., Satija, A., & Hu, F. B. (2016). Foods, nutrients, and dietary patterns: Interconnections and implications for dietary guidelines. *Advances in Nutrition*, 7(3), 445–454. <https://doi.org/10.3945/an.115.011718>
- Tareke, E., Rydberg, P., Karlsson, P., Eriksson, S., & Törnqvist, M. (2002). Analysis of acrylamide, a carcinogen formed in heated foodstuffs. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 50(17), 4998–5006. <https://doi.org/10.1021/jf020302f>
- Vargas Lasso, J. J., Talero Pérez, Y. V., Trujillo Suárez, F. A., & Camelo Caballero, L. R. (2015). Determinación de acrilamida en el procesamiento de la panela por cromatografía líquida. In *Ciencia En Desarrollo* (Vol. 5, Issue 2). <https://doi.org/10.19053/01217488.3664>
- Velez Betancourt, A. A. C.-B. (2020). *Cadenas sostenibles ante un clima cambiante- La papa en Colombia* (B. Puntoaparte Editores (ed.)). Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH Oficinas.
- Williams, J. S. E. (2005). Influence of variety and processing conditions on acrylamide levels in fried potato crisps. *Food Chemistry*, 90(4), 875–881.

- <https://doi.org/10.1016/J.FOODCHEM.2004.05.050>
- World Health Organization. (2011). Evaluation of certain contaminants in food. *World Health Organization Technical Report Series*, 959.
- Wyka, J., Tajner-Czopek, A., Broniecka, A., Piotrowska, E., Bronkowska, M., & Biernat, J. (2015). Estimation of dietary exposure to acrylamide of Polish teenagers from an urban environment. *Food and Chemical Toxicology*, 75, 151–155. <https://doi.org/10.1016/j.fct.2014.11.003>
- Xu, Y., Cui, B., Ran, R., Liu, Y., Chen, H., Kai, G., & Shi, J. (2014). Risk assessment, formation, and mitigation of dietary acrylamide: Current status and future prospects. *Food and Chemical Toxicology*, 69, 1–12. <https://doi.org/10.1016/j.fct.2014.03.037>
- Yang, Y., Achaerandio, I., & Pujolà, M. (2016). Influence of the frying process and potato cultivar on acrylamide formation in French fries. *Food Control*, 62. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2015.10.028>
- Yasuhara, A.; Tanaka, Y.; Hengel, M. and Shibamoto T. (2003). Gas chromatographic investigation of acrylamide formation in browning model systems. *J. Agric. Food Chem.*, 51, 3999-4003.
- Yaylayan, V. A., & Stadler, R. H. (2005). Acrylamide formation in food: A mechanistic perspective. *Journal of AOAC International*, 88(1), 262–267. <https://doi.org/10.1093/jaoac/88.1.262>
- Yaylayan, V. A., Wnorowski, A., & Perez Locas, C. (2003). Why Asparagine Needs Carbohydrates To Generate Acrylamide. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 51(6), 1753–1757. <https://doi.org/10.1021/JF0261506>
- Zaheer, K., & Akhtar, M. H. (2016). Potato Production, Usage, and Nutrition—A Review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 56(5), 711–721. <https://doi.org/10.1080/10408398.2012.724479>
- Zhang, Y. A., & Zhang, Y. (2007). *Formation and reduction of Acrylamide in Maillard Reaction: A review based on the current state of Knowledge*. Critical Reviews in food Science and Nutrition.
- Zhang, Y., Jiao, J., Cai, Z., Zhang, Y., & Ren, Y. (2007). An improved method validation for rapid determination of acrylamide in foods by ultra-performance liquid chromatography combined with tandem mass spectrometry. *Journal of Chromatography A*, 1142(2), 194–198. <https://doi.org/10.1016/j.chroma.2006.12.086>
- Zhao, J., Li, Z., Gao, Q., Zhao, H., Chen, S., Huang, L., Wang, W., & Wang, T. (n.d.). *A review of statistical methods for dietary pattern analysis*. <https://doi.org/10.1186/s12937-021-00692-7>
- Zhao, J., Li, Z., Gao, Q., Zhao, H., Chen, S., Huang, L., Wang, W., & Wang, T. (2021). A review of statistical methods for dietary pattern analysis. *Nutrition Journal*, 20(1), 1–18. <https://doi.org/10.1186/s12937-021-00692-7>
- Žilić, S., Aktağ, I. G., Dodig, D., Filipović, M., & Gökmen, V. (2020). Acrylamide formation in biscuits made of different wholegrain flours depending on their free asparagine content and baking conditions. *Food Research International*, 132(September 2019), 109109. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2020.109109>
- Žilić, S., Dodig, D., Basić, Z., Vančetović, J., Titan, P., Đurić, N., & Tolimir, N. (2017). Free asparagine and sugars profile of cereal species: the potential of cereals for acrylamide formation in foods. *Food Additives and Contaminants - Part A Chemistry, Analysis, Control, Exposure and Risk Assessment*, 34(5), 705–713. <https://doi.org/10.1080/19440049.2017.1290281>
- Zuzana, Kukurová, K., Torbica, A., Belović, M., Horváthová, J., Daško, Ľ., & Jelemenská, V. (2021). Acrylamide and 5-hydroxymethylfurfural in thermally treated non-wheat flours and respective breads. *Food Chemistry*, 365(June). <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2021.130491>
- Zyzak, D. V., Sanders, R. A., Stojanovic, M., Tallmadge, D. H., Eberhart, B. L., Ewald, D. K., Gruber, D. C., Morsch, T. R., Strothers, M. A., Rizzi, G. P., & Villagran, M. D. (2003). Acrylamide Formation Mechanism in Heated Foods. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 51(16), 4782–4787. <https://doi.org/10.1021/JF034180I>

II. OBJETIVOS

Objetivo general

Determinar y valorar el contenido de acrilamida en alimentos y preparaciones tradicionales de acuerdo con los hábitos de consumo más frecuentes en Colombia

1º Objetivo. Caracterización de los ingredientes, preparaciones y patrones de consumo y de procesado de alimentos consumidos por la población colombiana en diferentes escenarios

2º Objetivo. Identificación y caracterización de los alimentos tradicionales de la gastronomía colombiana, con el fin de seleccionar las preparaciones de consumo habitual, así como los ingredientes y tipos de procesado culinario, que puedan representar un riesgo potencial de formación de acrilamida.

3º Objetivo. Determinación de acrilamida y sus precursores (azúcares reductores y asparagina) en los diferentes grupos y preparaciones de alimentos de consumo frecuente en Colombia, procesados con diferentes intensidades de tratamiento térmico y estimación de la ingesta dietética.

4º Objetivo. Describir las fuentes y consumo de panela en población colombiana menor de 36 meses a partir de los datos de la encuesta ENSIN, 2015 y estimar el consumo de acrilamida y exposición dietética a partir de su ingesta.

5º Objetivo. Describir las fuentes de azúcares naturales añadidos (azúcar, miel y panela) y valorar su consumo por la población colombiana menor de 36 meses a partir de los datos aportados por la encuesta ENSIN, 2015.

III. 1. CAPÍTULO 1.

CARACTERIZACIÓN DE LOS PATRONES DE CONSUMO MÁS FRECUENTES EN COLOMBIA EN DIFERENTES ESCENARIOS (Objetivo 1)

III. 1. 1. METODOLOGÍA

La información sobre los patrones de consumo de alimentos en Colombia y las características de las preparaciones tradicionales, ingredientes o técnicas culinarias de cocción, especialmente a nivel de hogar, es limitada y fragmentada. En razón a ello, se consideró el estudio de tres escenarios colombianos complementarios para profundizar en estos aspectos e identificar preparaciones caseras de consumo frecuente, como posibles fuentes de acrilamida.

Los escenarios estudiados fueron:

- A) Escenario ENSIN, 2015. Información de consumo de alimentos a partir de dos recordatorios de R24H de población adulta (18-64 años). N = 1464 sujetos
- B) Escenario estudio COVIDiet, versión Colombia, 2020. Información de frecuencia de consumo de alimentos de población adulta, entre 18 y 64 años. N = 2745 sujetos
- C) Escenario local, población universitaria. Información del consumo de alimentos a partir de un registro de tres días de dieta. Población de 18 a 25 años. N = 53 sujetos.

A. ESCENARIO ENSIN 2015

La Encuesta ENSIN 2015 corresponde a un estudio poblacional de corte transversal, con muestreo probabilístico, donde se recoge información procedente de 44,134 hogares y aporta, además de consumo, la información de los participantes respecto a características sociodemográficas entre otros (ICBF, 2020). La encuesta fue aplicada entre los años 2015 y 2016 e incluyó el componente de consumo de alimentos y aplicación del recordatorio de 24 horas.

El recordatorio ENSIN 2015 se aplicó tomando como referencia la Metodología de Múltiples Pasos Iterativos (MMPI), desarrollada por el Ministerio de Agricultura de los Estados Unidos (USDA) en 1999. Dicha metodología consiste en la formulación de preguntas con base en una lista preliminar de alimentos consumidos a menudo e indagación sobre aquellos frecuentemente omitidos y registro de cada uno de los alimentos y/o preparaciones detallando la hora, el lugar, el tipo de preparación y su clasificación. Con el fin de mejorar la precisión de la información recolectada se incluye una etapa de revisión general de la información, especialmente del tamaño o cantidad de alimentos consumidos. ENSIN realizó dos recordatorios de 24H (R24H) durante siete días de la semana como estrategia para reducir la variabilidad a nivel poblacional. En menores de 12 años el informante era la persona que se encargaba de la preparación, servido o acompañamiento al menor.

El recordatorio se aplicó a una muestra representativa del país constituida por 34,122 personas entrevistadas, que aportaba información sobre la alimentación de personas cuyas edades se encontraban entre 0 y 64 años, incluidas gestantes. También se contó con la información de un segundo recordatorio, aplicado al 11,9% de la población (N= 4586 sujetos), con intervalos entre 24 y 48 horas con respecto al primero. Los aspectos metodológicos y resultados preliminares obtenidos de la encuesta fueron publicados en el año 2020 (ICBF, 2020).

Aunque la ENSIN 2015 recoge los nombres detallados de los alimentos y/o preparaciones y algunos de los métodos de cocción por ingrediente, el informe final se centra en el consumo de alimentos individuales y no profundiza en el análisis de los métodos específicos de procesado ni en las preparaciones de mayor consumo, lo cual es relevante para identificar patrones de consumo y procesos de preparación y cocción de los alimentos.

En razón a ello, y al interés que representa esta información para este estudio, se solicitó autorización para el uso de la base R24H y a partir de esta adelantar análisis y estimaciones adicionales.

Diseño de estudio y población

Se realizó un estudio exploratorio descriptivo del consumo de alimentos en población colombiana. En consecuencia, se toma información procedente de la Encuesta ENSIN 2015. La base de consumo aportada por la ENSIN 2015 está conformada por 782.492 registros (alimentos), donde se recoge la alimentación consumida por 34.122 participantes y por 55 columnas que refieren información respecto a la identificación personal y familiar, sexo, edad, etnia, departamento, región, subregión, municipio, índice de riqueza, nombre genérico de los alimentos, nombre detallado de los alimentos, comida en la que se consume, hora, lugar, tipo y origen del alimento, cantidad de alimento consumida expresada en peso y tamaños de ración, grupo al que pertenece según categoría de clasificación.

Para la definición de los patrones de consumo y procesado culinario se generaron bases con grupos poblacionales específicos así:

- Población total recordatorio 24 horas. Corresponde a 34.122 participantes de todos los grupos de edad (1 a 4 años, 5 a 12 años, 13 a 17 años y 18 a 64 años).
- Submuestra población adulta (18-64 años) constituida por individuos a los que se les aplicó un recordatorio. Incluyen 10.250 individuos que reportaron haber incluido en su alimentación preparaciones de origen casero.
- Submuestra población adulta (18-64 años) conformada por individuos a los que se les hicieron dos recordatorios de R24H. Incluyen 1.464 personas que reportaron haber incluido en su alimentación preparaciones de origen casero.

Se estudiaron varios grupos de población con el fin de identificar el comportamiento alimentario de manera amplia y las posibles limitaciones que conlleva extrapolar patrones a partir de un solo recordatorio. Para la derivación de los patrones se tomó la población de adultos, con dos

recordatorios (N=1464), dado que la información de dieta de dos recordatorios es más robusta y refleja la ingesta habitual.

VARIABLES ESTUDIADAS

Las variables sociodemográficas tomadas para la caracterización de cada población fueron sexo, edad, etnia, tipo de población (urbana, rural), índice de riqueza y región (Atlántica, Bogotá, Oriental, Orinoquía y Amazonía y Pacífica). Las variables antropométricas incluyeron peso (kg), talla (m) y la estimación del IMC (kg/m²). Se utilizaron los puntos de corte propuestos por la OMS para clasificación de los individuos(Weir CB, 2021).

ANÁLISIS ESTADÍSTICO

La caracterización de la población adulta consumidora de dos recordatorios se ha analizado mediante el uso de estadísticos descriptivos para variables categóricas (frecuencias y porcentajes) y para variables continuas (medias y desviación típica). Para establecer diferencias estadísticas entre grupos de sujetos, según región, se utilizó la prueba de chi-cuadrado en el caso de las variables categóricas mientras que en caso de las variables continuas (IMC, peso, talla) se emplearon pruebas estadísticas no paramétricos, previa comprobación de la distribución no-normal de las variables. Para comprobar las asunciones de los usos de las pruebas estadísticas se analizaron los supuestos de normalidad (prueba de Kolmogórov-Smirnov) y de homocedasticidad o equivalencia de las varianzas (prueba de Levene o prueba de Fligner-Killeen, según el caso) en cada una de las variables a analizar. Se aplicó la prueba de Kruskal Wallis para peso y talla se aplicó la prueba de ANOVA de Welch (prueba no paramétrica de ANOVA de una vía) para IMC. La significación estadística se estableció en un valor de $p < 0,05$. Los análisis se realizaron con SPSS versión 27 IBM para Windows(IBM Corp, 2020).

El consumo de alimentos se evaluó a partir de la información obtenida con la aplicación de dos R24H y que incluía variables como grupo, categoría y subcategoría de alimentos, tamaño de la ración consumida (gramos netos consumidos) y origen de la preparación casera.

Los alimentos se reagruparon en 16 categorías de acuerdo con similitudes en su naturaleza y perfil de nutrientes aportados. Las categorías definidas se recogen en la tabla 1.1.

Tabla 1.1. Categorías de alimentos utilizadas para la clasificación de los alimentos consumidos.

Categoría	Alimentos que se incluyen
Cereales y Derivados	Arroz, pasta, pan, productos de bollería y pastelería, arepa, derivados de cereales comerciales, cereales extruidos, maíz pira; cereales adicionados a sopas y bebidas (cebada, avena, trigo, almidón de maíz).
Raíces, tubérculos y plátanos	Patata común, patata criolla, plátano, yuca, ñame, arracacha.
Frutas y Verduras	Frutas y zumos: manzana, guayaba, pera, lulo, tomate de árbol, maracuyá, uchuva, mora, fresa, mango, maracuyá, naranja, limón entre otras. Verduras: acelga, espinaca, zanahoria, remolacha, repollo, pimiento, tomate, calabaza, calabacín, entre otros.
Leche y derivados	Leche, bebidas lácteas saborizadas, bebidas lácteas fermentadas, quesos.
Carnes y derivados	Carne de res, carne de cerdo, vísceras, derivados cárnicos como salchichas, chorizo, longaniza.
Aves y derivados	Carne de pollo, carne de otras aves, derivados de pollo como mortadela y salchichas de pollo.
Pescados y mariscos	Bagre, mojarra, salmón, tilapia, trucha, cachama, atún, camarones.
Huevos	Huevo de gallina, clara, yema.
Leguminosas y derivados	Fríjol rojo, fríjol blanco, lenteja, garbanzo, arveja verde seca.
Grasas y aceites	Aceites de semillas, mezclas de aceites, margarina, mantequilla, nata.
Bebidas endulzadas	Bebidas carbonatadas, refrescos y bebidas saborizadas.
Otras bebidas: café, chocolate y bebidas con leche	Infusiones de café molido o soluble, bebida de chocolate con leche, bebida de té con leche.
Azúcar o panela	Azúcar, miel, panela, agua de panela.
Dulces y postres	Arroz con leche, natillas, gelatinas, flanes, brevas, arequipe.
Snacks	Patatas fritas, plátanos chips, productos almidonados extruidos.
Frutos secos	Maní, pistachos, almendras.

Para su organización y análisis en cada una de las bases se estimaron e incluyeron las variables: categoría o grupo de alimentos y cantidad total consumida en gramos por categoría y por persona; grupos de alimentos. Para los cereales y las leguminosas se aplicó un factor de conversión por cocción (2,5 y 2 respectivamente). Para las bebidas de panela se realizó la equivalencia de gramos de panela disueltos en la bebida, con base en una dilución estándar, según nivel de dulzor, en caso de que esta información no fuera referida (6,5% para poco dulces; 8,5% para bebidas medianamente dulces y 9,1% para bebidas muy dulces).

Se identificaron los individuos que consumían preparaciones de tipo casero; se reorganizaron nuevos grupos o categorías de alimentos; se estimó el consumo medio en gramos día por persona para cada grupo de alimentos; se determinaron las frecuencias de consumo de cada grupo por individuo y se estableció la frecuencia de uso de las técnicas de procesado culinario. Con estos datos se estimaron las tasas de consumidores y no consumidores por grupos de alimentos, patrones de dieta y patrones de procesado culinario.

Análisis de la información

Con la información obtenida, se realizaron análisis en diferentes niveles:

a) Estimación de las tasas de consumidores y no consumidores

El consumo global de los grupos de alimentos permite tener una idea de la diversidad de la dieta y de las preferencias alimentarias. Para la identificación del porcentaje de individuos consumidores y no consumidores de cada categoría de alimentos en la muestra de población total se siguieron los pasos referidos en la figura 1.1

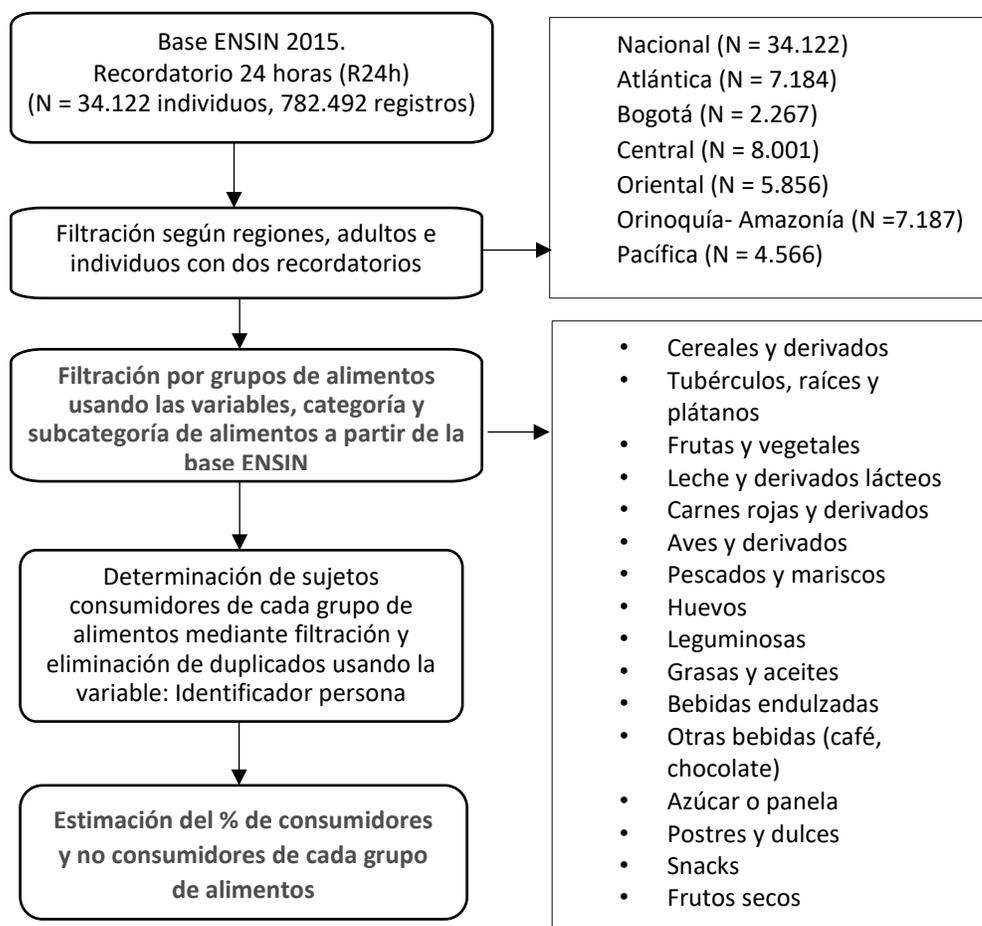


Figura 1.1 Caracterización del patrón de consumo de alimentos en Colombia a partir de la base R24H, ENSIN 2015.

b) Elaboración de patrones de dieta

Los patrones dietéticos se derivaron sobre la base del Análisis de los Componentes Principales (ACP). Esta metodología permite derivar lo que se conoce como patrones de dieta “*a posteriori*”. El ACP proporciona una imagen informativa de la correlación lineal entre los tipos de alimentos consumidos dentro de una población. Los coeficientes que definen estas combinaciones lineales se denominan cargas factoriales y representan las correlaciones de cada elemento/grupo de alimentos con el patrón dietético. Dado que la proporción de varianza explicada por componente (es decir, patrón dietético) disminuye con el número de variables ingresadas, los alimentos individuales con un perfil de nutrientes similar y uso culinario se combinaron en las 16 categorías previamente mencionadas.

De manera exploratoria, los patrones dietéticos se derivaron sobre la base del consumo (g/día) de cada grupo de alimentos, sin ajustar por la ingesta energética, por cuanto un estudio que analizó el efecto de ajustar los pesos para la ingesta total de energía, demostró que este procedimiento no influía, ni generaba diferencias, en los patrones derivados (Smith *et al.*, 2013). Dentro del PCA se utilizó la rotación ortogonal (opción Varimax) para obtener patrones no correlacionados con mayor

interpretabilidad. La decisión de retener los componentes o patrones se basó en: Valor propio > 1.0 (que indica que el componente explica más la varianza en las correlaciones de lo que se explica por una sola variable), identificación de un punto de inflexión en el diagrama de sedimentación para facilitar la interpretabilidad del patrón.

Se consideraron valores propios > 0,1 y gráficos de sedimentación del valor propio frente al número de componentes para elegir el número óptimo de componentes. Para definir los grupos alimentos que conforman cada patrón se consideraron aquellos grupos de alimentos con contribuciones significativas, es decir, con cargas factoriales $\geq \pm 0,30$. Los patrones generados fueron analizados bajo criterios de concordancia con las características y hábitos alimentarios de la población, así como con los estadísticos de Kaiser-Meyer-Olkin (KMO, que ha de ser $\geq 0,7$), la prueba de esfericidad de Bartlett, la variabilidad explicada y la significancia estadística. Se utilizaron gráficos radiales para visualizar y explorar los patrones identificados.

Con el fin de obtener patrones con mayor grado de precisión se realizaron tres tipos de análisis modificando la forma de ingreso de las variables de dieta de entrada. Se consideraron tres métodos sugeridos, según lo descrito en la literatura (Smith *et al.*, 2013) y que podrían influenciar los patrones generados. En el primero, se utilizó la cantidad de alimento consumido, expresado en g/día, considerando las cantidades reportadas en la encuesta. En el segundo, se consideró el número de raciones/día utilizando el tamaño de la porción estándar de la población colombiana. Finalmente, en el tercer tipo de análisis se estructuró una variable binaria. En este caso se ingresó, para cada participante, en cada categoría, el valor de 1 si consumía o 0 en caso de no hacerlo.

Adicionalmente, se derivó el patrón dietario para la población con dos recordatorios (N=1.462). Se consideró la población que hubiese reportado haber consumido preparaciones de tipo casero; es decir, que no solo hubiesen declarado consumir alimentos semi o industrializados. El patrón correspondiente a un R24H de la población total fue también valorado.

c) Elaboración de patrones de tratamiento culinario

De manera similar, para la determinación de los patrones de cocción se aplicó el Análisis de Componentes Principales (ACP).

Los patrones de tratamiento culinario se obtuvieron a partir de la estimación de las frecuencias de consumo de alimentos y/o preparaciones bajo determinadas técnicas de procesado por parte de cada uno de los sujetos. Las técnicas y condiciones de procesado se incluyen en la tabla 1.2.

Tabla 1.2. Técnicas culinarias de procesado de alimentos.

Método	Definición
Hervido	Alimentos cocidos mediante inmersión en agua o medio líquido en ebullición. En este grupo se incluyeron alimentos cocidos a vapor y estofados.
Microondas	Método de calentamiento por vibración de moléculas de agua, generadas por ondas electromagnéticas de alta frecuencia.
Horneado	Cocción de un alimento en un horno transmitida por conducción o convección.
Plancha	Cocción sobre una plancha, sartén o superficie caliente sin adicionar aceite o adicionando muy poco.
Fritura	Alimentos preparados por inmersión en aceite caliente.
Guisado	Cocción de los alimentos a partir de rehogados o sofritos.
Crudo	Alimentos que se consumen sin calentamiento o cocción previa.

El objetivo fue determinar los patrones de prácticas culinarias en la población colombiana. Para ello se estructuraron las bases con los mismos participantes, pero modificando las variables de grupos de alimentos por frecuencia en el uso de técnicas culinarias empleadas; es decir, al derivar los patrones las variables de entrada correspondían a la frecuencia de uso de las técnicas de cocción por persona, así como de consumo de los alimentos crudos. Tal y como se ha descrito anteriormente, los componentes fueron rotados por transformación ortogonal (rotación Varimax) para facilitar su interpretación. Los valores de la medida de adecuación del muestreo (KMO) y la prueba de esfericidad de Barlett fueron considerados para validar el uso del método. Se consideraron cargas factoriales $\geq \pm 0,30$ para definir los grupos de alimentos de cada componente (patrón culinario).

d) Preparaciones elaboradas en el hogar

Las preparaciones elaboradas en el hogar fueron analizadas a partir de la base R24H en sus denominaciones, ingredientes y tratamiento culinario. Para la revisión y clasificación de las preparaciones de consumo frecuente en el país, elaboradas en el hogar, se consideraron los grupos de alimentos referidos en la figura 1.1. Para la identificación de aquellas preparaciones asociadas al consumo de acrilamida se analizaron con las categorías referidas por EFSA, 2015 y se generaron las categorías específicas referidas en la tabla 1.3. Este proceso se observa en la figura 1.2.

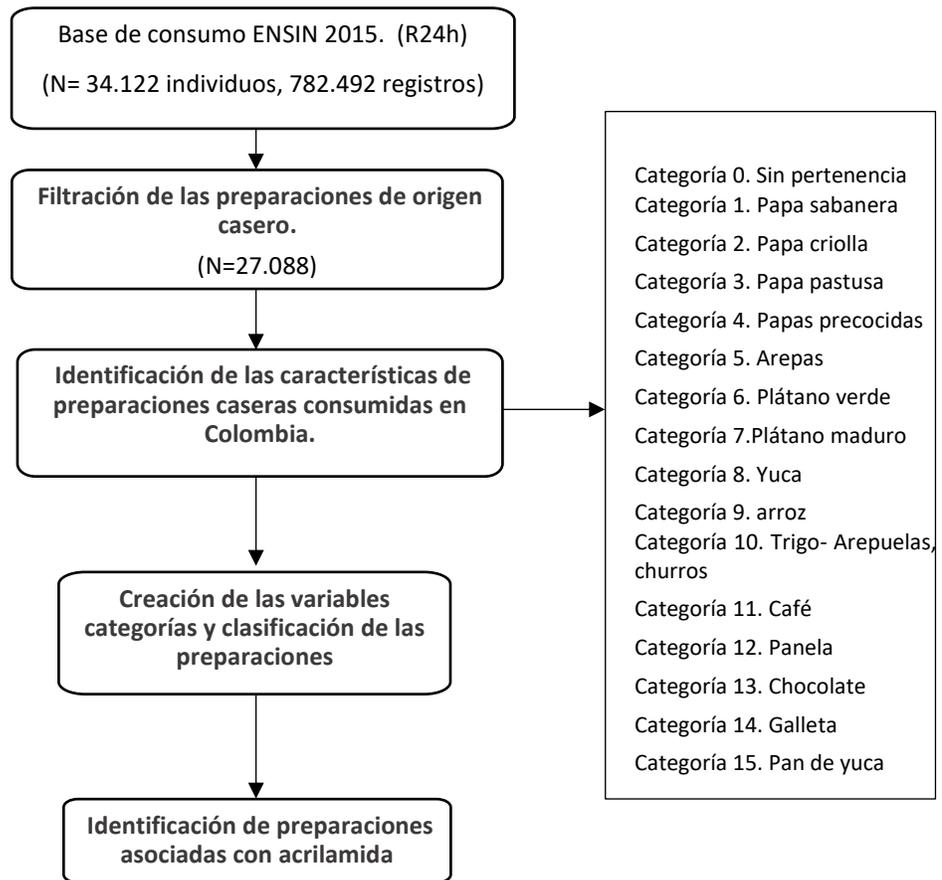


Figura 1.2. Proceso de identificación de las preparaciones elaboradas en el hogar asociadas con acrilamida.

Las categorías de alimentos referidas en la figura 1.2 agrupaban diferentes tipos de preparaciones que son recogidas en la tabla 1.3.

Tabla 1.3. Categorización de las preparaciones posiblemente asociadas con acrilamida

Categoría	Preparaciones asociadas
Categoría 1.	Patatas sabaneras: preparaciones asadas, horneadas o fritas.
Categoría 2.	Patatas criollas: preparaciones fritas o doradas (cocida y frita).
Categoría 3.	Patatas pastusas: preparaciones fritas.
Categoría 4.	Patatas listas para freír: patatas francesas.
Categoría 5.	Preparaciones de maíz, arepas y amasijos fritos, horneados o asados.
Categoría 6.	Plátano verde: Hartón verde frito, asado en sus distintas presentaciones.
Categoría 7.	Plátano maduro: Hartón maduro asado, horneado o frito en sus distintas preparaciones.
Categoría 8.	Yuca: Preparaciones elaborada con yuca frita o dorada, masas fritas de yuca.
Categoría 9.	Arroz: Preparaciones de arroz fritas, horneadas.
Categoría 10.	Trigo: Masas de harina de trigo horneadas, asadas o fritas.
Categoría 11.	Café: Bebidas elaboradas con café colombiano molido o soluble.
Categoría 12.	Panela: Preparaciones endulzadas con panela tipo bebidas, amasijos horneados o fritos, postres y dulces, entre otros.
Categoría 13	Chocolate: Bebidas elaboradas a partir de subproductos del cacao como cocoa, chocolate, chucula.
Categoría 14.	Galletas de elaboración casera.
Categoría 15.	Productos de almidón de yuca: Incluyen pandeyuca, pandebono.

B. ESCENARIO COVIDiet COLOMBIA

Los patrones dietéticos derivados a posteriori permiten reflejar los hábitos alimentarios existentes en una población y representan la ingesta dietética actual con sus características y posibles modificaciones. En razón a ello, se consideró que la adaptación y aplicación de la encuesta de frecuencia de consumo del estudio COVIDiet, realizado en España, (Rodríguez-Pérez et al., 2020) al contexto colombiano se constituía en una valiosa fuente de información para profundizar en el estudio de los patrones de consumo regionales y del país.

Diseño de estudio y población

COVIDiet es un estudio transversal sobre cambios en los comportamientos dietéticos durante el confinamiento debido a la pandemia de la COVID-19 que se llevó a cabo, mediante la aplicación de una encuesta en línea, en varios países europeos y en Colombia, siguiendo el protocolo aprobado por el Comité de Ética de Investigación en Humanos de la Universidad de Granada (1526/CEIH/2020) del estudio COVIDiet-International (ClinicalTrials.gov número NCT 04449731). Todos los encuestados estuvieron de acuerdo con participar de forma anónima en el estudio y autorizaron el uso de los datos para la investigación y difusión. Adicionalmente la encuesta se realizó de acuerdo con la Declaración de Helsinki y en el debido cumplimiento de la normativa de protección de datos personales en Colombia (Decretos Legislativos 1581/2012 y 1377/2013).

Población de estudio

La encuesta contó con la participación de 2.745 adultos, mayores de 18 años, procedentes de diferentes regiones del país (Atlántica, Bogotá, Central, Oriental, Orinoquía-Amazonía y Pacífica).

Recopilación de datos

La encuesta aplicada fue adaptada del estudio español COVIDiet (Rodríguez-Pérez *et al.*, 2020) considerando los alimentos y los hábitos alimentarios de la población colombiana. Concretamente, se aplicó el mismo formulario, pero se modificó el apartado correspondiente a la ingesta de grupos de alimentos más consumidos en Colombia. Previamente al envío de la encuesta, se llevó a cabo un estudio piloto entre 20 voluntarios de Colombia, para garantizar el proceso y la comprensión de la encuesta y su implementación efectiva.

El cuestionario constaba de 73 ítems dentro de cinco secciones distintas: (i) características sociodemográficas (género, edad, tipo de vivienda, niños bajo cuidado, nivel educativo, estado de salud, altura y peso); (ii) ingesta dietética de alimentos durante el confinamiento; (iii) procesos de cocción (cocción, frecuencia de fritura y otros procesos culinarios, tipo de aceite utilizado y reutilización del aceite); (iv) estilo de vida y hábitos alimentarios (actividad física, picoteo, comida rápida, comidas fuera de casa, ingesta de agua); (v) preguntas de inocuidad, seguridad y acceso a los alimentos (higienización de los alimentos, disponibilidad y suministro de alimentos, gasto en alimentos y auxilios económicos). Además, se preguntó sobre los cambios dietéticos en relación con los patrones habituales y sobre la percepción del peso corporal y consumo de alcohol. La encuesta COVIDiet Colombia se recoge en el Anexo 1.1.

Variables estudiadas

Para la identificación de los patrones dietéticos a partir del estudio COVIDiet Colombia se tuvieron en cuenta las variables relacionadas con características sociodemográficas de la población, variables del estado nutricional y antropométricas. El índice de masa corporal (IMC) se calculó mediante el peso y la altura informados por los participantes [peso en kg / (altura en m²)]. Se consideraron las categorías de IMC definidas por la OMS (Weir CB; *et al.*,2020).

Respecto a la información sobre la ingesta dietética se consideró la frecuencia de consumo en porciones por día o por semana (escala de calificación de 0 a 5). Se recopiló la ingesta dietética de 18 grupos de alimentos: (1) cereales, (2) panadería y pastelería, (3) tubérculos y plátanos, (4) frutas y verduras, (5) leche y productos lácteos, (6) carnes rojas y procesadas, (7) aves y procesados, (8) pescado, (9) huevos, (10) leguminosas, (11) grasas (mantequilla y margarina), (12) bebidas no alcohólicas, (13) bebidas con panela, (14) café, (15) azúcar o panela, (16) postres y dulces (postres y helados), (17) snacks y (18) frutos secos.

Procesamiento de datos

La estimación de la ingesta dietética de los alimentos antes del confinamiento se hizo considerando la información reportada por los participantes sobre cambios de ingesta realizados durante el confinamiento de COVID-19; es decir, si se mantuvo igual, o si aumentó o disminuyó. En particular, se consideraron las ingestas informadas de los grupos de alimentos en raciones/día (frecuencia/día). El número de raciones se mantuvo igual cuando se informó que la ingesta dietética permaneció sin cambios, mientras que, la cantidad de raciones se redujo en una ración cuando la ingesta aumentó o se incrementó en una ración cuando la ingesta disminuyó. De esta manera, se estimaron las raciones promedio de alimentos consumidos por los participantes antes y durante el confinamiento.

La estimación de la ingesta dietética de los alimentos en gramos / día se realizó multiplicando el número de raciones por los tamaños de ración estándar de acuerdo con las guías alimentarias colombianas, antes y durante el confinamiento. Para los cereales y las leguminosas se aplicó un factor de cocción ya que se reportó su consumo para las porciones cocidas de estos alimentos. Así, la información de la ingesta dietética se obtuvo en raciones / día y gramos / día, antes y durante el confinamiento.

Para la identificación de los patrones de tratamiento culinario se consideraron 16 preguntas de la encuesta relacionadas con las variables: “frecuencia en la práctica de cocción”, “frecuencia en el uso de técnicas culinarias” de hervido, fritura, horneado, microondas, estofado y a la plancha; “frecuencia de consumo de fritos”, “cantidad consumida de fritos”, “frecuencia en el consumo de guisos o sofritos”, “tipo de aceite”, “reutilización del aceite en frituras”, “consumo de comidas rápidas y/o ultraprocesados”, “compra de perecederos” y “gasto en alimentación”. La variable cualitativa tipo de aceite fue categorizada para su tratamiento.

Análisis estadístico de datos

Las características sociodemográficas de la población y de su comportamiento alimentario a nivel nacional y regional se analizaron mediante el uso de estadísticas descriptivas para variables

cuantitativas (media y desviación estándar) y categóricas (frecuencias y porcentajes). Las relaciones de las variables por regiones también se representaron mediante gráficos de barras. Las diferencias por regiones se evaluaron mediante ANOVA de una vía o prueba de chi-cuadrado (o prueba exacta de Fisher para <5 observaciones), respectivamente.

El Análisis de Componentes Principales (ACP) se aplicó para obtener Patrones Dietarios (PD), es decir, componentes, antes y durante el confinamiento de COVID-19 en forma similar a lo realizado para derivar los patrones dietéticos en el escenario ENSIN. Se utilizaron dieciséis categorías de grupos de alimentos después de unir algunos grupos; por ejemplo: cereales con derivados de cereales y snacks con frutos secos. Los componentes se rotaron mediante transformación ortogonal (rotación Varimax) para facilitar su interpretación. La medida de adecuación muestral de Kaiser-Meyer-Olkin (KMO) y la prueba de Bartlett de los valores de esfericidad fueron > 0,7, validando el uso de ACP en la muestra del estudio.

Se consideraron valores propios > 0,1 y gráficos de sedimentación del valor propio frente al número de componentes para elegir el número óptimo de componentes. Posteriormente, se obtuvieron cargas factoriales para cada grupo de alimentos, para identificar los grupos más correlacionados con el patrón dietario. Se mantuvieron los grupos de alimentos con cargas factoriales > $\pm 0,30$. La variabilidad (varianza) de los datos explicada por cada componente (patrón) también se calculó en general y por PD. Se utilizaron gráficos radiales para visualizar y explorar los PD en los datos brutos (tamaños de porción promedio) y en los patrones identificados.

El ACP se aplicó a toda la población de estudio (N=2745) debido a problemas de tamaño de la muestra en alguna región, si bien también se trató de realizar los ACP por regiones para complementar los análisis. Se evaluaron las diferencias en la adherencia a los componentes por regiones para identificar posibles variaciones regionales. Para cada PD, cada sujeto recibió una puntuación que se calculó como la suma de las ingestas en cada grupo de alimentos ponderadas por la carga de factores correspondiente. Una puntuación más alta indicó una mayor adherencia al PD respectivo. Se consideraron pruebas ANOVA no paramétricas (prueba de Kruskal-Wallis) para revelar diferencias por regiones debido a la distribución no normal de las puntuaciones (prueba de Kolmogorov-Smirnov, valor de $p < 0,05$).

Por otra parte, todos los análisis se realizaron comparando las semanas de confinamiento, para conocer el impacto del mayor o menor tiempo del confinamiento; es decir la comparación entre las dos primeras semanas con respecto a las últimas cuatro semanas.

Se realizaron pruebas de sensibilidad, con una submuestra de 511 sujetos, universitarios que tenían entre 18 y 25 años y convivían con su familia, con el fin de identificar si existían variaciones entre los patrones identificados en este grupo particular con relación a los patrones identificados para la totalidad de la población e identificar variaciones entre las semanas de confinamiento transcurridas al momento de completar la encuesta y los cambios reportados.

De la misma manera, para obtener los patrones dietéticos se derivaron los consumos en g/día de cada grupo de alimentos, sin ajustar por la ingesta energética y para los patrones de tratamiento culinario se ingresaron las frecuencias de la práctica evaluada. Aplicando la misma metodología,

dentro del ACP se utilizó la rotación ortogonal (opción Varimax) para obtener patrones no correlacionados con mayor interpretabilidad, y se consideraron los componentes definidos por los valores propios (> 1.0) y el punto de inflexión en el Diagrama de sedimentación. Las cargas factoriales, obtenidas para cada patrón fueron consideradas cuando su valor era $\geq \pm 0,3$.

La significación se estableció en un valor de $p < 0,05$. Los análisis se realizaron con SPSS versión 27 IBM para Windows (20) y R versión 4.0.2

C. ESCENARIO POBLACIÓN UNIVERSITARIA COLOMBIANA

La aplicación de una encuesta sobre consumo y procesado de alimentos, con énfasis en frituras, a un grupo de estudiantes colombianos universitarios del programa de nutrición y dietética, con edades entre 18 y 25 años ($N=53$), tenía por objeto caracterizar el consumo de los diferentes grupos de alimentos y la frecuencia de uso de los tratamientos culinarios en un nuevo escenario constituido por una población con formación en hábitos de alimentación saludable.

Diseño

Se realizó un cuestionario de registro dietético de 3 días a 53 estudiantes voluntarios del programa de Nutrición y Dietética de la Universidad Nacional de Colombia, Sede Bogotá. La encuesta constaba de 22 preguntas incluidas en dos apartados: i) Variables sociodemográficas y antropométricas; ii) registro diario dietético (tres días), dos días ordinarios y uno festivo para identificación de los grupos de alimentos y tratamientos culinarios (Anexo 1.2).

VARIABLES ESTUDIADAS

Las variables sociodemográficas incluyeron género, edad y tipo de vivienda. Las variables antropométricas consideradas fueron peso y talla. El índice de masa corporal (IMC) se calculó mediante el peso y la altura informados por los participantes [$\text{peso en kg} / (\text{altura en m}^2)$]. Esta variable se categorizó de acuerdo con las categorías establecidas por la OMS. Respecto a la ingesta dietética se consideró la frecuencia de consumo de los grupos de alimentos, la frecuencia de uso de los tratamientos culinarios y la frecuencia de consumo de los alimentos ultraprocesados.

Procesamiento y análisis de datos

Las respuestas de las variables sociodemográficas y antropométricas fueron tabuladas y analizadas para obtener una caracterización de los sujetos encuestados.

A partir de los registros de 3 días, se identificaron para cada sujeto el consumo o no consumo de los diferentes grupos de alimentos. Se recopiló la ingesta dietética de 16 grupos de alimentos: (1) cereales y derivados, (2) tubérculos, raíces y plátanos, (3) frutas y verduras, (4) leche y derivados, (5) carnes rojas y derivados, (6) aves y derivados, (7) pescado, (8) huevos, (9) leguminosas, (10) grasas (mantequilla y margarina), (11) bebidas endulzadas (gaseosas y refrescos comerciales), (12) otras bebidas (café, té, chocolate), (13) azúcar o panela, (14) postres y dulces (postres dulces y helados), (15) snacks y (16) frutos secos.

La estimación de la ingesta dietética se hizo en raciones/día y en gramos/día. Las raciones se estimaron mediante el conteo de las raciones que la población había consumido y dividiéndola entre el número de personas que las consumieron. La ingesta en gramos/día se realizó multiplicando el número de raciones/día, de cada grupo de alimentos, por los tamaños de la ración estándar de acuerdo con las guías alimentarias colombianas.

Se estimaron los grupos de alimentos consumidos en las diferentes comidas del día, la frecuencia y tipos de frituras, el consumo de alimentos comerciales (semi o industrializados) y el consumo de alimentos crudos. El estudio se realizó teniendo en cuenta las comidas tradicionales de Colombia: tres comidas principales: desayuno, almuerzo y cena y dos comidas intermedias: media mañana y merienda.

Las preparaciones referenciadas por los estudiantes fueron clasificadas según sus ingredientes principales en los grupos de alimentos reseñados anteriormente con el fin de detallar sus denominaciones, características y métodos de elaboración. La frecuencia de los métodos culinarios se estimó mediante el conteo, para cada individuo, de los métodos empleados para la elaboración de las preparaciones consumidos en tres días y estimando la frecuencia diaria promedio usada.

Se evaluó el consumo de alimentos ultraprocesados en las diferentes comidas del día mediante la aplicación del sistema NOVA, propuesto por investigadores de la Universidad de Sao Paulo, Brasil (Monteiro *et al.*, 2019) y aprobado por la OMS. Se establecieron las raciones medias de consumo/día de ultraprocesados considerando las raciones totales consumidas y el número de sujetos que las consumieron.

Se realizó la determinación del patrón de consumo de alimentos y de las técnicas culinarias aplicadas a partir de la información del diario dietético de 3 días. Se derivó el patrón considerando las raciones estándar.

La caracterización de la alimentación se realizó teniendo en cuenta los consumidores y no consumidores de los diferentes grupos de alimentos y mediante la derivación de los patrones dietéticos, sin ajustar por la ingesta dietética, utilizando ACP, siguiendo la metodología y los criterios de interpretación descritos en los escenarios anteriores. También se derivaron los patrones de tratamiento culinario considerando la frecuencia de uso de los diferentes métodos de cocción.

III. 1. 2. RESULTADOS

La alimentación diaria de Colombia está constituida por tres comidas principales: desayuno, almuerzo, cena; y dos comidas intermedias, media mañana y merienda. Los alimentos que predominan son hidrocarbonados y, en menor proporción, huevos, leguminosas, frutas, verduras, carnes, y jugos o zumos, entre otros. En los últimos años, cambios demográficos, sociales y económicos han provocado el mayor consumo de alimentos tipo snacks, platos listos para el consumo o comidas rápidas lo que posiblemente ha generado cambios en los patrones de consumo.

En razón a lo anterior, en el presente estudio se identificaron las características principales de la alimentación, patrones alimentarios y/o de procesado en tres escenarios:

A. Escenario ENSIN, 2015. Información del consumo de alimentos a partir de dos recordatorios de 24h (2R24h) de población adulta (18-64 años). N = 1.464 sujetos y de población total (0-64 años) con un recordatorio de 24 h (1R24h). N = 34.122 sujetos.

B. Escenario estudio COVIDiet, versión Colombia, 2020. Información de frecuencia de consumo de alimentos de población adulta, entre 18 y 64 años. N = 2.745 sujetos.

C. Escenario local, población universitaria. Información del consumo de alimentos a partir de un registro de tres días de dieta. Población de 18 a 25 años. N = 53 sujetos.

A. ESCENARIO ENSIN 2015

Características sociodemográficas de la población adulta colombiana

La población adulta entrevistada en el componente de consumo de ENSIN 2015 estaba constituida por 11.138 individuos con un R24h. De estos, se analizó la información aportada por los adultos con dos R24h, es decir, 1.464 personas, entre 18 y 64 años, conformados mayoritariamente por mujeres (79,9%). El 82,7% son mestizos o sin pertenencia étnica y viven principalmente en zona urbana (74,5%). Se observa una mayor presencia de la población étnica afrodescendiente (NARP) en la región Pacífica y de etnias indígenas en Orinoquía - Amazonía. El 38,8% posee un IMC normal en tanto que el 55,5% presenta un exceso de peso. Orinoquía - Amazonía registra un porcentaje ligeramente más alto de obesidad con relación a otras regiones (29,9%).

La mayor parte de la población pertenece al cuartil más bajo de riqueza (45,5%); excepto en Bogotá donde predominan el segundo (34,2%) y el tercer cuartil (38,4%). En todas las regiones predomina la población que vive en zona urbana, aunque las regiones Oriental y Pacífica tienen porcentajes de población rural superiores al 35%. Las características sociodemográficas de esta población son referidas en la tabla 1.4

Características de la alimentación en población adulta

En relación con la población adulta, los alimentos con mayor porcentaje de consumidores en las diferentes regiones fueron los cereales y derivados (97-100%); frutas y verduras (93-99%); tubérculos, raíces y plátanos (88-98%) y grasas y aceites (92-96%). En menor proporción, dulces y postres (86-97%); azúcar y panela (67-87%). Se consumen más carnes rojas y derivados (71-86%) pero menos carne de aves (39-69%) y pescados (16-40%). Entre el 49 y 77% consumen huevos; entre el 33 y 45% consumen leguminosas y entre el 40 y el 82% consumen bebidas estimulantes como café y/o chocolate. Cerca de la mitad de la población consume bebidas endulzadas con una variación regional entre el 39 y 99%. Finalmente, el consumo de snacks es reportado entre el 12 y 26% y el de frutos secos entre el 1 y 2% (Tabla 1.5).

Tabla 1.4. Características sociodemográficas de población adulta colombiana con 2R24H, ENSIN 2015.

N(%) o medias ±DE	Nacional	Atlántica	Bogotá	Central	Oriental	Orinoquía - Amazonía	Pacífica	p-valor¹
Sexo								< 0,001
Hombres	294 (20,1)	34 (10,4)	14 (19,2)	32 (11,6)	34 (23)	60 (26)	120 (29,3)	
Mujeres	1170 (79,9)	293 (89,6)	59 (80,2)	243 (88,4)	114 (77)	171 (74)	290 (70,7)	
Edad (años)	36 ± 12,2	35 ± 11,6	33±11,1	35 ± 11,1	36 ± 11,5	36 ± 12,3	38 ± 13,3	< 0,001
Etnia								< 0,001
Comunidad NARP	129 (8,8)	39 (11,9)	0 (0)	6 (2,2)	0 (0)	9 (3,9)	75 (18,3)	
Indígena	123 (8,4)	21 (6,4)	1(1,4)	15 (5,5)	0 (0)	55 (23,8)	31 (7,6)	
Mestizos blancos	1211 (82,7)	267 (81,7)	72 (98,6)	253 (93,0)	148 (100)	167 (72,3)	304 (74,1)	
Población								< 0,001
Urbana	1090 (74,5)	251 (76,8)	73 (100)	219 (79,6)	76 (51,4)	221 (95,7)	250 (61,0)	
Rural	374 (25,5)	76 (23,2)	0 (0)	56 (20,4)	72 (48,6)	10 (4,3)	160 (39,0)	
Peso(kg)	66±13,4	67±14,2	65±14,1	68±15,0	65±12,5	64±13,2	65±11,9	0,017
Talla (cm)	158±8,3	158±7,4	158±7,7	157±11,1	158±8,3	157±7,8	158±8,2	0,155
IMC (Kg/m²)	27 ± 8,5	27 ± 5,4	26 ± 4,0	26± 4,9	26 ± 6,1	29 ± 17,9	26 ± 4,4	0,034
IMC (kg/m²)								0,022
<18	85 (5,8)	15 (4,6)	3 (4,1)	20 (7,3)	11 (7,4)	13 (5,6)	23 (5,6)	
18-24.9	567 (38,8)	131 (40,1)	33 (45,2)	108 (39,3)	62 (41,9)	72 (31,2)	161 (39,3)	
25-30	502 (34,3)	105 (32,1)	27 (37)	92 (33,5)	42 (28,9)	77 (33,3)	159 (38,8)	
>30	310 (21,2)	76 (23,2)	10 (13,7)	55 (21)	33 (23,3)	69 (31,0)	67 (16,3)	
Nivel de riqueza								< 0,001
Primer cuartil	666 (45,5)	166 (50,8)	4 (5,5)	72 (26,1)	73 (49,3)	163 (70,6)	188 (45,9)	
Segundo cuartil	352 (24,0)	77 (23,5)	25 (34,2)	69 (25)	35 (23,6)	52 (22,5)	94 (22,9)	
Tercer cuartil	290 (19,8)	57 (17,4)	28 (38,4)	92 (33)	22 (14,9)	12 (5,2)	79 (19,3)	
Cuarto cuartil	156 (10,7)	27 (8,3)	16 (21,9)	42 (16)	18 (12,2)	4 (1,7)	49 (12,0)	

¹ Las diferencias entre los grupos de edad se evaluaron mediante la prueba de chi-cuadrado o prueba de Welch (ANOVA no paramétrico) cuando correspondía.

Tabla 1.5. Grupos de alimentos consumidos (C) y no consumidos (NC) por la población adulta (2R24H). ENSIN 2015.

Grupos de alimentos ¹	Nacional	Atlántica	Bogotá	Central	Oriental	Orinoquía- Amazonía	Pacífica
	N=1464	N=327	N=73	N=275	N=148	N=231	N=410
	C /NC ²	C /NC	C /NC	C /NC	C /NC	C /NC	C /NC
Cereales y derivados	99/1	99/1	100/0	100/0	97/3	99/1	100/0
Tubérculos, raíces y plátanos	94/6	88/12	88/12	95/5	97/3	98/2	95/5
Frutas y verduras	97/3	98/2	99/1	97/3	96/4	93/7	98/2
Leche y derivados lácteos	74/26	88/12	90/10	75/25	82/18	67/33	60/40
Carnes rojas y derivados	80/20	84/16	85/15	86/14	80/20	78/12	71/29
Aves y derivados	59/41	45/55	69/31	46/54	40/60	39/61	40/60
Pescados	26/74	27/73	18/82	16/84	20/80	40/60	27/73
Huevos	65/35	49/51	77/23	75/25	73/27	66/34	65/35
Leguminosas	39/61	33/67	34/66	45/55	35/65	37/63	44/56
Grasas y Aceites	96/4	99/1	97/3	92/8	96/4	97/3	96/4
Bebidas endulzadas	50/50	99/1	47/53	54/46	47/53	55/45	39/61
Otras bebidas (café y chocolate)	82/18	40/60	62/38	73/27	68/32	59/41	54/46
Azúcar o panela	81/19	83/17	67/33	83/17	87/13	74/26	82/18
Postres dulces	90/10	94/6	97/3	92/8	89/11	87/13	86/14
Snacks	18/82	26/74	25/75	21/79	12/88	19/81	15/85
Frutos secos	2/98	1/99	2/98	2/98	1/99	2/98	1/99

¹Los alimentos contenidos en cada uno de los grupos de alimentos se han recogido en la tabla 1.1 de la metodología

Patrón de consumo de alimentos

La identificación de los patrones de consumo de alimentos de la población del ENSIN se llevó a cabo en la población total (N=34.122 sujetos) y en la población de individuos adultos que reportaron consumo de preparaciones caseras (N=10.250 individuos). En ambas poblaciones, se recogió la información de consumo en g/día de los diferentes grupos de alimentos a partir de un (1R24h). Los patrones obtenidos a partir de la información de 1R24h tendían a ser similares que los obtenidos en la población de estudio más restringida en la cual se aplicaron 2R24h (N=1464), pero eran menos representativos de la población.

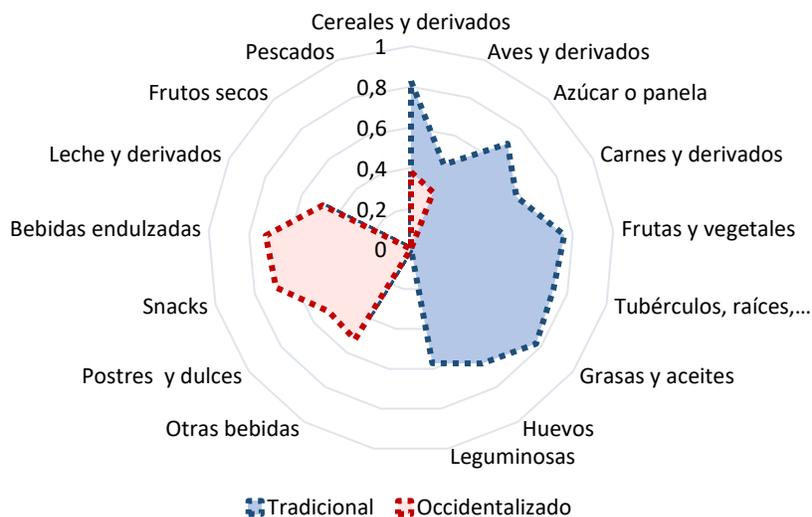
Por este motivo, se realizó un estudio de patrón de consumo en población adulta con 2R24H para una población de 1.464 sujetos a partir de la estimación de raciones/día utilizando el tamaño de porción estándar de referencia y de la derivación por Análisis de componentes principales (ACP). Se presentan dos patrones: el primero, denominado “patrón tradicional”, corresponde al grupo de individuos cuya dieta se caracteriza por alimentos de consumo habitual en Colombia que incluyen: cereales y derivados; grasas y aceites; frutas y verduras; tubérculos raíces y plátanos; azúcar o panela (con cargas factoriales > 0,7); huevos; carnes rojas; leguminosas; leche y derivados; aves y derivados otras bebidas como café o chocolate (con cargas factoriales entre 0,3 y <0,7). El segundo “patrón occidentalizado” que incluye los grupos de bebidas endulzadas y snacks (carga factorial >0,69); leche y derivados (0,585); otras bebidas (0,524); postres y dulces (0,508). Con cargas

menores se encuentran presentes los cereales y derivados (0,380) y aves y derivados (0,300). En la tabla 1.6 se observa la matriz de carga factorial y en la figura 1.3 se visualizan los dos patrones encontrados en población adulta.

Tabla 1.6. Matriz de carga factorial para patrones dietéticos en población adulta colombiana (2R24h). N = 1.464 individuos.

	Patrón tradicional	Patrón Occidentalizado
Aves y derivados	0,446	0,3
Azúcar o panela	0,704	0,049
Bebidas endulzadas	0,17	0,718
Carnes y derivados	0,58	0,292
Cereales y derivados	0,828	0,38
Frutas y verduras	0,758	0,141
Frutos secos	0,09	0,16
Grasas y aceites	0,773	0,192
Huevos	0,663	0,195
Leche y derivados	0,484	0,485
Leguminosas	0,571	-0,01
Otras bebidas	0,37	0,524
Pescados	0,177	0,146
Postres y dulces	0,132	0,508
Snacks	-0,019	0,691
Tubérculos, raíces, plátanos	0,728	0,131

Método de extracción: análisis de componentes principales. Se consideraron cargas factoriales por encima de 0,3. Varianza explicada: 43,07%. Índice Kaiser-Meyer-Olkin (KMO): 0,892.



Las cargas factoriales $\geq 0,3$ se presentan a lo largo del eje X. El consumo dietético se tomó a partir de las raciones/día consumidas por cada individuo.

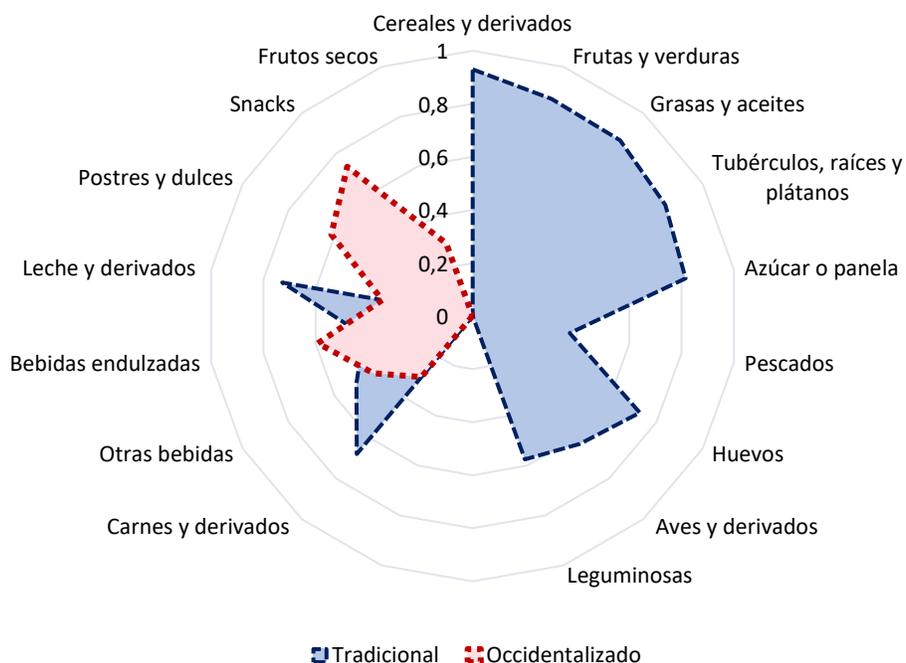
Figura 1.3. Gráfico radial de patrones dietéticos en población adulta colombiana (2R24H). N = 1.464 individuos.

Los patrones derivados por el método binario se obtuvieron a partir de un proceso de dicotomización de las variables de ingesta, por grupos de alimentos, según consumía o no consumía con el fin de reducir posibles asimetrías en la información. Por este método se obtuvieron dos patrones similares: “patrón tradicional”, conformado por todos los grupos de alimentos, excepto snacks, postres y dulces, y frutos secos; y el “patrón occidentalizado” conformado por snacks; postres y dulces; bebidas endulzadas; otras bebidas como café y/o chocolate; leche y derivados y carnes y derivados. Las cargas factoriales obtenidas se presentan en la tabla 1.7. En la figura 1.4 se pueden visualizar los dos patrones encontrados en población adulta.

Tabla 1.7. Matriz binaria de carga factorial para patrones dietéticos en población adulta colombiana (2R24H). N = 1.464 individuos.

	Patrón tradicional	Patrón occidentalizado
Aves y derivados	0,629	0,226
Azúcar o panela	0,815	0,171
Bebidas endulzadas	0,416	0,592
Carnes y derivados	0,679	0,3
Cereales y derivados	0,93	0,262
Frutas y verduras	0,871	0,199
Grasas y aceites	0,865	0,241
Frutos secos	0,051	0,291
Huevos	0,728	0,168
Leche y derivados	0,728	0,345
Leguminosas	0,575	-0,024
Otras bebidas	0,505	0,432
Pescados	0,372	0,089
Postres y dulces	0,13	0,614
Snacks	0,071	0,735
Tubérculos, raíces y plátanos	0,838	0,189

Método de extracción: análisis de componentes principales. Se consideraron cargas factoriales por encima de 0,3. Varianza explicada: 54,02%. Índice Kaiser-Meyer-Olkin: 0,953



Las cargas factoriales > 0,3 se presentan a lo largo del eje X. El consumo dietético se tomó a partir consumo o no consumo para cada individuo.

Figura 1.4. Gráfico radial de patrones dietéticos en población adulta colombiana (2R24h) obtenidos por el método binario. N = 1.464 individuos

El proceso de derivación de los patrones se hizo variando la forma de ingreso de las variables de ingesta de alimentos (cantidad consumida en gramos/día; frecuencia expresada en raciones día y variables dicotomizadas en relación consume o no consume). Los resultados obtenidos fueron similares, aunque con leves diferencias. Los patrones seleccionados correspondieron a aquellos que tuvieron mayor representatividad de la alimentación de la población colombiana.

Patrones de tratamiento culinario

Los patrones de tratamiento culinario se realizaron en tres poblaciones de la encuesta ENSIN. Población total de 34.122 individuos y un R24h, población total de personas que hubieran declarado alguna preparación de procedencia casera o del hogar de 26468 personas y un R24h y población ENSIN adulta (18-64 años) con 2R24h. Los patrones derivados para tratamientos culinarios, a partir de la información de un único 1R24h en población adulta (N=10250) coincidieron, con algunas diferencias, con el de la población general 1R24h (N=34.122) y con el de la población consumidora de alimentos de procedencia casera (N=26.468) y tendían a ser similares a los obtenidos en la población de estudio más restringida de 2R24h (N=1464).

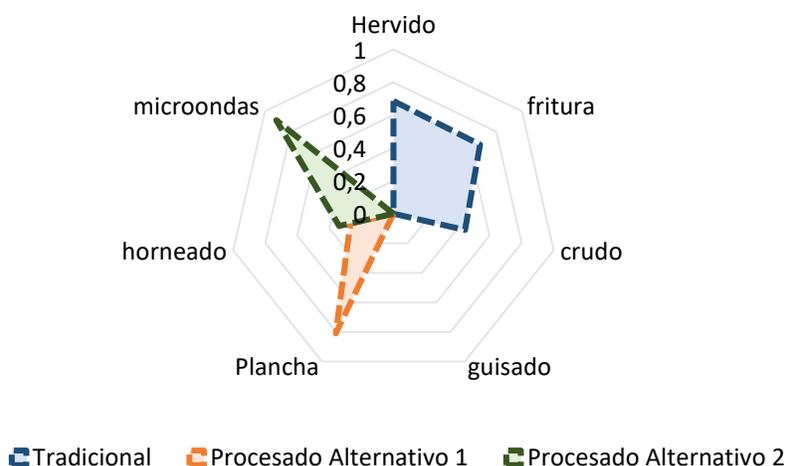
Los patrones de cocción de la población total de 0-64 años se derivaron a partir de la estimación de la frecuencia de aplicación de los diferentes tratamientos culinarios en las preparaciones consumidas diariamente. La tabla 1.8 muestra los principales patrones estimados. Se obtuvieron tres componentes que por sus características se denominaron: “Procesado tradicional” que incluye

los métodos que son ampliamente usados y reconocidos como son el hervido y la fritura (cargas factoriales >0.67); el segundo, “Procesado alternativo 1” que corresponde al consumo de alimentos sin procesar o con una cocción rápida a la plancha (carga factorial de 0,809) ; y el tercero, de “Procesado alternativo2”, que agrupa aquellos individuos que utilizan métodos de microondas (0,912) y horneado convencional (0,338) que permiten programar el calentamiento o la cocción de alimentos de manera práctica. Las cargas factoriales de los patrones se pueden observar en la tabla 1.8. La visualización gráfica de los patrones dietarios derivados se puede observar en la figura 1.5.

Tabla 1.8. Matriz de carga factorial para patrones de tratamiento culinario en población total colombiana (1R24H). N = 34.122 individuos

	Procesado tradicional	Procesado alternativo 1	Procesado alternativo 2
Hervido	0,686	0,201	- 0,123
Microondas	0,048	- 0,064	0,912
Horneado	- 0,030	0,269	0,338
Plancha	- 0,211	0,809	0,111
Fritura	0,674	- 0,133	0,173
Guisado	0,244	- 0,034	0,007
Crudo	0,447	0,560	- 0,088

Método de extracción: análisis de componentes principales. Se consideraron cargas factoriales por encima de 0.3. Varianza explicada: 47,80%. Índice Kaiser-Meyer-Olkin:0.724



Las cargas factoriales > 0,3 se presentan a lo largo del eje X. El consumo dietético se tomó a partir de las frecuencias en el uso de las técnicas culinarias.

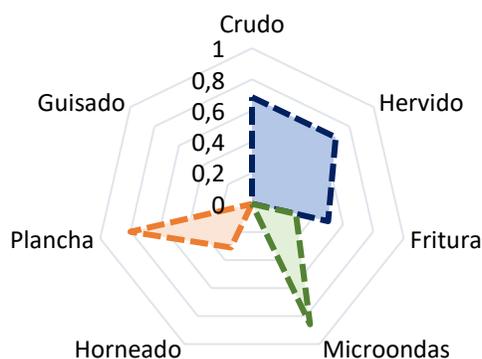
Figura 1.5. Gráfico radial de patrones de tratamientos culinarios de toda la población colombiana (1R24H). (N=34.122 individuos)

El patrón de tratamiento culinario fue estimado para toda la población que hubiese consumido preparaciones caseras en su primer recordatorio (N=26.468). Este patrón tiene grandes similitudes con el de la población total. Se obtuvieron dos patrones; el primero, “patrón de procesado tradicional” que incluyó los métodos de hervido (con la mayor carga factorial: 0,688); fritura y los alimentos sin cocinar o crudos; el segundo, “Procesado alternativo 1” donde destacan los métodos de plancha (0,801) y horneado (0,311). En el caso del patrón de “procesado alternativo 2”, el método de cocción de mayor carga factorial fue el microondas (0,859), seguido de la fritura (0,289), y de manera negativa, el guisado (-0,287), aunque sin alcanzar cargas factoriales >0.3. Las cargas factoriales se pueden observar en la tabla 1.9 y el gráfico radial se presenta en la figura 1.6.

Tabla 1.9. Matriz de carga factorial para patrones de tratamiento culinario en población colombiana (1R24H), consumidores de preparaciones caseras. (N = 26.468 individuos).

	Procesado tradicional	Procesado alternativo 1	Procesado alternativo 2
Hervido	0,688	-0,179	-0,074
Microondas	0,068	0,162	0,859
Horneado	0,17	0,311	0,223
Plancha	0,236	0,801	-0,157
Fritura	0,501	-0,427	0,289
Guisado	0,185	-0,183	-0,287
Crudo	0,686	0,173	-0,146

Método de extracción: análisis de componentes principales. Se consideraron cargas factoriales por encima de 0,3. Varianza explicada: 33,72%. Índice Kaiser-Meyer-Olkin:0,542



■ Procesado tradicional ■ Procesado alternativo 1 ■ Procesado alternativo 2

Las cargas factoriales > 0,3 se presentan a lo largo del eje X. El consumo dietético se tomó a partir de las frecuencias en el uso de las técnicas culinarias.

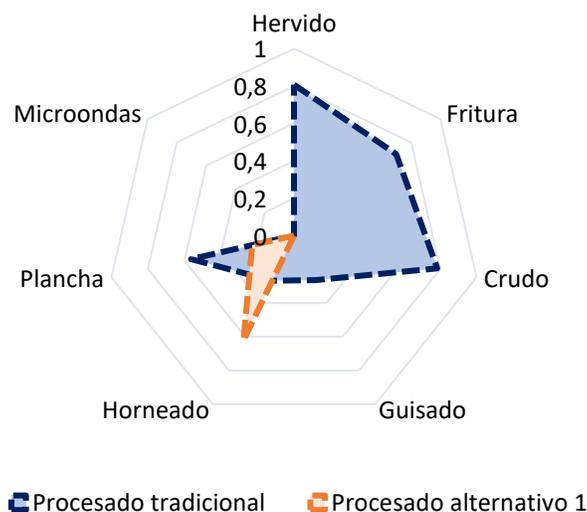
Figura 1.6. Gráfico radial de patrones de tratamientos culinarios de toda la población colombiana consumidora de preparaciones caseras (1R24h). (N=26.468 individuos)

Los patrones de cocción de la población adulta con 2R24h mostraron un primer patrón: “patrón tradicional” que incluye, la plancha, adicional a los métodos de hervido, fritura y alimentos crudos. y “patrón alternativo 1” que incluye el horneado (0,622) y tiene una relación contraria con el método de guisado y cuya carga factorial es de -0,755. Por último, el procesado alternativo 2 únicamente incluyó el componente del microondas (0.967). El procesado alternativo 1 y 2 recoge los métodos de procesado alternativo. En la tabla 1.10 se recogen las cargas factoriales de los patrones de cocción derivados. En la figura 1.7 se ve la representación radial de los patrones.

Tabla 1.10 Patrones de tratamiento culinario de la población adulta colombiana (2R24h). ENSIN, 2015. N=1.464 individuos.

	Procesado tradicional	Procesado alternativo 1	Procesado alternativo 2
Hervido	0,807	- 0,054	0,048
Microondas	0,022	0,055	0,967
Horneado	0,267	0,622	0,084
Plancha	0,564	0,229	- 0,209
Fritura	0,699	- 0,120	0,159
Guisado	0,263	- 0,755	0,036
Crudo	0,785	0,054	- 0,160

Método de extracción: análisis de componentes principales. Se consideraron cargas factoriales por encima de 0,2. Varianza explicada: 44,55%. Índice Kaiser-Meyer-Olkin:0,722



Las cargas factoriales > 0,2 se presentan a lo largo del eje X. El consumo dietético se tomó a partir de las frecuencias en el uso de las técnicas culinarias.

Figura 1.7. Gráfico radial de patrones de tratamientos culinarios de toda la población adulta colombiana (2R24h). (N=1.464 individuos)

Características de las preparaciones elaboradas en casa

En la tabla 1.11 se presentan las preparaciones caseras de mayor consumo por grupos de alimentos. Corresponden a preparaciones tales como arroz blanco cocido, arepas asadas o fritas o masas asadas o fritas; papas (patatas), yuca o plátanos cocidos fritos o asados; vegetales sofritos o cocidos; carnes asadas, cocidas o fritas; huevos cocidos o fritos; leguminosas cocidas o guisadas; bebidas como café o chocolate endulzados con azúcar o panela. Se identifica que los métodos de cocción más frecuentes son hervido o cocido; pero también, aunque en menor proporción, se encuentran preparaciones fritas, asadas u horneadas. La mayor parte de las preparaciones corresponden a cereales, tubérculos raíces y plátanos y bebidas endulzadas con azúcar y/o panela.

Tabla 1.11. Tipos de Preparaciones caseras más consumidas en las diferentes regiones del país elaboradas a partir de los grupos de alimentos, ENSIN, 2015.

Grupos de alimentos	Preparaciones
Cereales y derivados	Arroz blanco cocido; arepa de maíz blanco, sin sal, asada; pasta alimenticia, cocida; arepa de maíz blanco trillada asada, masa de harina de maíz frita; buñuelo de harina de maíz frito; masa de harina de trigo frita; arepa frita.
Tubérculos, raíces y plátanos	Patata pastusa sin cáscara hervida; plátano hartón maduro frito; papa salada; plátano verde hervido; plátano verde frito; papa a la francesa frita; plátano hartón maduro al horno; papa criolla dorada (hervida y frita).
Frutas y verduras	Frutas: Bebidas de frutas en agua o leche (jugos, sorbetes y cremas); conservas y dulces de frutas; Verduras: Guiso con cebolla y tomate; zanahoria cocida; habichuela cocida.
Carnes rojas y derivados cárnicos	Carne de res molida; lomo frito; sobrebarriga frita; carne a la plancha; carne guisada; lomo de cerdo con salsa de fruta, chicharrón de cerdo; salchichas fritas con patatas.
Aves y derivados	Carne de pollo guisada, pechuga asada, alas de pollo frita, pollo a la brasa, pollo horneado, sopa de pollo (ajiaco).
Pescados y mariscos	Bagre, mojarra, róbalo frito, a la plancha o asada; camarones con guiso; arroz con pescado o sardinas o atún; bocachico frito; pescado en salsa.
Huevos	Huevo de gallina frito; huevos revueltos; huevos pericos (revueltos con cebolla y tomate), huevos hervidos.
Leguminosas	Lentejas guisadas, frijol cabecita negra hervidos; arvejas verdes o amarillas hervidas; garbanzos con callo; frijoles con cerdo.
Otras bebidas	Café infusión (tinto), aromáticas, café soluble con diferentes grados de dulzor, café con leche, aromáticas, té e infusiones de hierbas; chocolate o cocoa dispersa en agua o leche.
Bebidas endulzadas	Aguas de cereales (maíz, avena, cebada, arroz) con o sin fermentar, zumos de limón y naranja, jugos de fruta.
Azúcar o panela	Aguas con azúcar y panela con diferentes grados del dulzor, dulces de frutas con panela; plátanos con panela; dulces de coco con panela; natillas con panela.
Postres y dulces	Gelatinas natillas, bocadillo de guayaba; arroz con leche.

Preparaciones caseras asociadas con el riesgo de consumo de Acrilamida

La tabla 1.12 presenta el análisis y adaptación de las categorías de alimentos, propuestas institucionalmente para vigilancia de acrilamida EFSA, 2015, con las preparaciones caseras de Colombia por categorías de alimentos. Para tal fin, en la primera categoría “Productos de patatas fritas”, se incluyeron preparaciones de patatas elaboradas con diferentes variedades y se adicionaron al grupo de cereales las arepas y productos de arroz frito horneado y en el grupo de “otros” alimentos hidrocarbonados muy consumidos en Colombia, pero que, al no ser de consumo en países europeos, no son contemplados por la EFSA 2015 (plátano y yuca). En esta categoría también se incorporó a la panela. Los demás alimentos agruparon según categorías establecidas por la EFSA en el 2015.

Tabla 1.12. Identificación de alimentos, ingredientes y preparaciones caseras colombianas a partir de categorías de alimentos asociadas con presencia de AA propuestas por EFSA, 2015.

Categoría EFSA	Materia prima	Preparaciones
Productos de patatas fritas	Patata sabanera	Patata sabanera frita con o sin cáscara, patata chips, patata frita rellena, patata francesa, patata en cascos frita, masas de patata frita rellenas, patata sabanera al horno.
	Patata criolla	Patata criolla frita con cáscara; Patata criolla cocida y dorada por fritura.
	Patata pastusa	Patata pastusa frita a la francesa, patata pastusa chips, puré de patata al horno.
	Patata comercial	Patata precocida, prefrita y congelada.
Productos de cereales	Arepas	<i>Maíz:</i> arepa de maíz blanco o amarillo asada; arepa frita, arepa de maíz tierno (choclo), arepa de huevo frita, arepa de maíz rellena, arepa con queso y mantequilla, empanada frita, buñuelo de harina de maíz frito.
	Arroz	Pan de arroz, croquetas de arroz fritas, croquetas de arroz fritas rellenas.
	Trigo	Arepuelas fritas de harina de trigo, arepuelas de harina de trigo, con azúcar, churros, churros rellenos, empanada frita, de harina de trigo, con carne molida y arroz cocido.
Galletas	Galletas	Galletas dulces; galletas saladas, Galletas de leche.
Café	Café	Bebida de café molido o café soluble (tinto); Bebida de café molido o café soluble endulzado con azúcar y/o panela; café con leche.
Bebidas de cacao	Chocolate	Bebida de chocolate con leche, bebida de cocoa, bebida de chucula (mezcla de cacao, leguminosas y cereales).
Otros	Plátano Hartón verde	Plátano hartón verde frito: plátano verde frito (tajada o moneda); plátano verde frito, patacón (doble fritura).
	Plátano Hartón madura	Plátano hartón, maduro, frito; plátano maduro frito, patacón; torta de plátano maduro; plátano hartón, maduro, horneado maduro.
	Yuca	Yuca frita; masas fritas de yuca (carimañola o croquetas de yuca); pastel de yuca frito; <i>Almidón de yuca:</i> pandebono, pandeyuca, panderos.
	Panela	Panela rallada o en cubos; café endulzado con panela; agua de panela con diferentes grados de dulzor; plátano al horno con meladura de panela, arepuelas de trigo con panela.

B. ESCENARIO COVIDiet COLOMBIA

Características de la población de estudio

La tabla 1.13 presenta las características sociodemográficas de todos los participantes según regiones. Se encontraron diferencias significativas en las variables género, número de menores a cargo por hogar y nivel educativo (valor $p < 0,05$). Los grupos de población predominante fueron las mujeres (73,1%) y los individuos con formación universitaria (77%). La mayoría de los participantes tenían edades inferiores a 51 años.

La prevalencia de participantes que refirieron alguna enfermedad varió del 11% (Orinoquía - Amazonas) al 26% (Atlántica). Adicionalmente, se encontraron diferencias significativas en el peso (valor de $p=0,013$) y el IMC (valor de $p<0,001$) entre las regiones, siendo las regiones Atlántica y Orinoquía-Amazónica las que mostraron tasas más altas de prevalencia de obesidad (aprox. 13%) respecto a un valor medio nacional de 9,1%. No se encontraron diferencias en la talla ni en las variables lugar de residencia o apoyos económicos estatales.

Comportamientos dietéticos a nivel nacional y regional

En la tabla 1.14 se pueden apreciar las variaciones regionales en tasas de consumidores y no consumidores de grupos de alimentos. Cabe destacar, para la mayoría de las regiones, que más del 90% de los encuestados consumían cereales y productos de panadería y bollería; tubérculos y plátanos; frutas y hortalizas; carnes rojas y procesadas; aves, huevos, leguminosas y frutos secos. Alrededor del 85% de los encuestados consumían leche y derivados, y el 80% de ellos, café (excepto en la región de Orinoquía - Amazonas que para ambos grupos es más bajo). Los alimentos con tasas de consumo que oscilaron entre 50 y 75% fueron pescados, grasas, azúcar o panela y bebidas de panela (excepto en las regiones Central y Bogotá); y postres y dulces (excepto en las regiones Atlántica y Orinoquía-Amazónicas). Finalmente, las tasas de consumo fueron menores (por debajo del 50%) para refrescos (excepto en la región de Orinoquía-Amazónicas), snacks (40%) y bebidas alcohólicas (47%).

Tabla 1.13. Características sociodemográficas de la población colombiana participante del estudio COVIDiet por regiones.

N(%) o medias ±DE	Nacional N=2745	Atlántica N=262	Bogotá N=1374	Central N=272	Oriental N=476	Orinoquía- Amazonas N=91	Pacífica N=270	p-valor¹
Sexo²								0,013
Hombre	735 (26,8)	54 (20,6)	385(28)	83(30,5)	118(24,8)	23(25,3)	72(26,7)	
Mujer	2,006(73,1)	208(79,4)	985(71,7)	189(69,5)	358(75,2)	68(74,7)	198(73,3)	
Residencia³								0,335
Casa	1208(44)	156(59,5)	448(32,6)	127(46,7)	262(55)	59(64,8)	156(57,8)	
Apartamento	1474 (53,7)	100(38,2)	902(65,6)	138(50,7)	203(42,6)	26(28,6)	105(38,9)	
Cuarto	43 (1,6)	4(1,5)	19(1,4)	5(1,8)	5(1,1)	5(5,5)	5(1,9)	
Otras ⁴	20 (0,7)	2(0,8)	4(0,36)	2 (0,7)	6(1,3)	1(1,1)	4(1,5)	
Niños a cargo								0,006
0	1647 (60)	145(55,3)	862(62,7)	172(63,2)	277(58,2)	39(42,9)	152(56,3)	
1	656 (23,9)	62(23,7)	320 (23,3)	59(21,7)	111(23,3)	29(31,9)	75(27,8)	
2	358 (13)	44(16,8)	158(11,5)	35(12,9)	71(14,9)	20(22)	30(11,1)	
3	84 (3,1)	11(4,20)	34(2,5)	6(2,2)	17(3,6)	3(3,3)	13(4,8)	
Nivel Educativo								<0,001
Ninguno	10(0,4)	1(0,4)	4(0,3)	1(0,4)	0(0,0)	1 (1,09)	3(1,11)	
Primaria	33(1,2)	3(1,1)	10(0,7)	10(3,7)	4(0,8)	20 (21,97)	5 (1,85)	
Secundaria	326(11,9)	20(7,63)	142(10,3)	14(5,15)	45(9,45)	9 (9,89)	33 (12,2)	
Universitario	1194(43,5)	150(57,3)	540(39,3)	120(44,1)	214(45)	41 (45,1)	129 (48,0)	
Graduado	263(9,6)	20(7,6)	142(10,3)	14(5,1)	45(9,45)	9 (9,89)	47 (17,4)	
Posgraduado	919(33,5)	66(25,2)	517(37,6)	98(36)	166(34,9)	19 (20,9)	53 (20,0)	
Ayuda estatal								0,594
No	2652(95,6)	241(92)	1336(97,2)	257(94,5)	462(97,1)	79(86,8)	250(92,6)	
Si	120(4,4)	21(8)	38(2,8)	15(5,5)	14(2,9)	12(13,2)	20(7,4)	
Edad (Años)								<0,001
18–35	1383(50,4)	151(57,6)	658(47,9)	128(47,1)	210(44,1)	66(72,5)	170(63)	
36-50	791(28,8)	66(25,2)	408(29,7)	81(29,8)	159(33,4)	18(19,8)	59(21,9)	
51-66	494(18)	36(13,7)	267(19,4)	51(18,8)	96(20,2)	7(7,7)	37(13,7)	
> 66	77(2,8)	9(3,4)	41(3)	12(4,4)	11(2,3)	0(0)	4(1,5)	
Condición salud								0,004
No	2237 (81,5)	193(73,7)	1125(81,9)	227(83,5)	382(80,3)	81(89)	229(84,8)	
Si	508 (18,5)	69(26,3)	249(18,1)	45(16,5)	94(19,7)	10 (11)	41(15,2)	
Peso	66,1 ±12,8	68,2±14,8	65,4±12,3	65,8±12,5	67,1±13,2	66,4±13,4	66±12,2	0,013
Talla	1,64±0,09	1,63±0,09	1,64±0,09	1,64±0,08	1,63±0,08	1,62±0,08	1,65±0,09	0,179
IMC								<0,001
<18,5	58(2,3)	12(5,1)	21(1,7)	4(1,6)	8 (1,8)	2(2,4)	11 (4,5)	
18,5-24,9	1467(58)	107(45,5)	778(61,4)	164(65,1)	232(52,3)	42(51,2)	144(58,8)	
25-29,9	770(30,5)	84(35,7)	372(29,4)	67(26,6)	152(34,2)	27(32,9)	68(27,8)	
>30	230(9,1)	32 (13,6)	96(7,6)	17(6,7)	52(11,7)	11(13,4)	22(9,0)	

¹Las diferencias entre los grupos se evaluaron mediante la prueba de chi-cuadrado o ANOVA de una vía cuando correspondía. Las diferencias entre los grupos se evaluaron mediante la prueba exacta de Fisher con <5 observaciones en algunas categorías. ²Solo cuatro encuestados de Bogotá se identifican con otra identidad de género no especificada. ³Un encuestado indicó otras opciones. ⁴Otros tipos de vivienda como la indígena o campesina.

Tabla 1.14. Grupos de alimentos consumidos (C) y no consumidos (NC) por los encuestados de dieta-COVID-19 en Colombia por regiones.

	Nacional	Atlántica	Bogotá	Central	Oriental	Orinoquía Amazonas	Pacífica
Grupos de alimentos	N=2745	N=262	N=1374	N=272	N=476	N=91	N=270
	C/NC(%)	C/NC(%)	C/NC(%)	C/NC(%)	C/NC(%)	C/NC(%)	C/NC(%)
Cereales	98/2	98/2	98/2	99/1	99/1	99/1	98/2
Panadería y pastelería	y 91/9	88/12	92/8	94/6	98/10	92/8	86/14
Tubérculos y plátanos	y 91/9	95/5	90/10	94/6	93/7	92/8	91/9
Frutas y verduras	95/5	92/8	97/3	95/5	94/6	85/15	96/4
Leche y lácteos	85/15	85/15	86/14	83/17	83/17	71/29	87/13
Carnes rojas y procesadas	y 89/11	91/9	89/11	88/12	93/7	91/9	86/14
Pescado	71/29	77/23	74/26	67/33	70/30	64/36	64/36
Aves y procesados	96/4	95/5	96/4	93/7	97/3	92/8	95/5
Huevos	98/2	96/4	98/2	95/5	99/1	98/2	97/3
Legumbres	93/7	93/7	92/8	95/5	92/8	93/7	96/4
Frutos secos	95/5	95/5	95/5	94/6	95/5	97/3	95/5
Grasas	69/31	71/29	66/34	78/22	70/30	73/27	69/31
Refrescos	36/64	46/54	33/67	35/65	36/64	51/49	36/64
Café	78/22	73/27	79/21	80/20	80/20	73/27	78/22
Bebidas de panela	52/48	52/48	48/52	52/48	57/43	64/36	53/47
Azúcar o panela	61/39	73/27	57/43	56/44	64/36	75/25	63/37
Postres y dulces	54/46	44/56	56/44	60/40	51/49	45/55	51/49
Snacks	40/60	40/60	41/59	36/64	34/64	44/56	39/61
Bebidas alcohólicas	47/53	42/58	49/51	51/49	44/56	51/49	41/59

La tabla 1.15 muestra los cambios en los comportamientos dietéticos durante el confinamiento a causa del COVID-19 según regiones. En relación con los hábitos previos al confinamiento, casi la mitad de los encuestados reportó una mayor frecuencia de “picoteo” entre comidas. En la región de Orinoquía - Amazonas, el porcentaje fue del 63% en tanto que en la región Central fue del 39%. En este aspecto las diferencias entre regiones fueron estadísticamente significativas (p -valor = 0,011). En forma similar, se reportó un mayor consumo de comida rápida durante el confinamiento en Orinoquía - Amazonas (36%) en comparación con las demás regiones en las que este porcentaje fue inferior al 25% (p -valor = 0,005). A pesar de esto, los encuestados de esta región reportaron practicar más actividad física (p -valor = 0,001) y cocinar más en casa (p -valor = 0,001) durante el confinamiento en comparación con las otras regiones.

Los encuestados de la región de Orinoquía-Amazonas comían con más frecuencia fuera de casa antes del confinamiento (p -valor = 0,032) y expresaron tener mayor dificultad de conseguir alimentos específicos durante el confinamiento en comparación con otras regiones (p -valor < 0,001). También se observaron diferencias estadísticamente significativas (p -valor < 0,05) entre las regiones para las variables consumo de alcohol (mayor en la región Central); consumo de agua (mayor en las regiones Atlántica y Pacífica) y gasto destinado a la compra de alimentos (mayor en región de Orinoquía-

Amazonas). No se observaron diferencias significativas, entre las regiones, para las variables adopción de medidas higiénicas adicionales, compra de alimentos perecederos y aumento en el consumo de alimentos.

Tabla 1.15. Comportamientos alimentarios de los encuestados COVIDiet Colombia según regiones.

	Nacional N=2745(%)	Atlántica N=262 (%)	Bogotá N=1,374 (%)	Central N=272 (%)	Oriental N=476 (%)	Orinoquía - Amazonas N=91 (%)	Pacífica N=270 (%)	p- valor ¹
Picoteo								0,011
Igual	835 (30,4)	82 (31,3)	412 (30)	97(35,7)	154(32,4)	20(22)	70(25,9)	
Menor	593 (21,6)	62 (23,7)	299(21,8)	69(25,4)	90(18,9)	14(15,4)	59(21,9)	
Mayor	1317 (48)	118 (45)	663 (48,3)	106 (39)	232(48,7)	57(62,6)	141(52,2)	
Comidas rápidas								0,005
Igual	1238(45,1)	106(40,5)	621(45,2)	134(49,3)	226(47,5)	31(34,1)	120(44,4)	
Menor	929(33,8)	95(36,3)	471(34,3)	89(32,7)	166(34,9)	27(29,7)	81(30)	
Mayor	578(21,1)	61(23,3)	282(20,5)	49(18)	84(17,6)	33(36,3)	69(25,6)	
Consumo alimentos								0,275
Igual	967(35,2)	101(38,5)	474(34,5)	108(39,7)	165(34,7)	30 (33)	89(33)	
Menor	544(19,8)	43(16,4)	287(20,9)	61(22,4)	87 (18,3)	16 (17,6)	50(18,5)	
Mayor	1234(45)	118(45)	613(44,6)	103(37,9)	224 (47,1)	45 (49,5)	131(48,5)	
Actividad física								0,001
Nunca	307(11,2)	49(18,7)	126(9,2)	32(11,8)	55 (11,6)	15(16,5)	60(22,2)	
Igual	499(18,2)	48(18,3)	246(17,9)	52(19,1)	78 (16,4)	14(15,4)	68(25,2)	
Menor	1317(48)	124(47,3)	672(48,9)	127(46,7)	235 (49,4)	17(18,7)	28(10,4)	
Mayor	622(22,7)	41(15,6)	330(24)	61(22,4)	108 (22,7)	45(49,5)	114(42,2)	
Ganancia de peso								0,003
No	1036(37,7)	89(34)	539(39,2)	113(41,5)	174(36,6)	22(24,2)	99(36,7)	
Si	613(22,3)	76(29)	295(21,5)	42(15,4)	117(24,6)	29(31,9)	54(20)	
Desconoce	1096(39,9)	97(37)	540(39,3)	117(43)	185(38,9)	40(44)	117(43,3)	
Comidas fuera del hogar²								0,032
Nunca	368(13,4)	36(13,7)	161(11,7)	46(16,9)	84(17,6)	9(9,9)	32(11,9)	
1	513(18,7)	48(18,3)	280(20,4)	37(13,6)	83(17,4)	13(14,3)	52(19,3)	
2	471(17,2)	44(16,8)	246(17,9)	40(14,7)	75(15,8)	22(24,2)	44(16,3)	
3	1393(50,7)	134(51,1)	687(50)	149(54,8)	234(49,2)	47(51,6)	142(52,6)	
Ingesta de alcohol								0,001
Nunca	1445(52,6)	151(57,6)	694(50,5)	133(48,9)	265(55,7)	45(49,5)	157(58,1)	
Igual	607(22,1)	44(16,8)	336(24,5)	68(25)	97(20,4)	16(17,6)	46(17)	
Menor	498(18,1)	48(18,3)	238(17,3)	41(15,1)	94(19,7)	25(27,5)	52(19,3)	
Mayor	195(7,1)	19(7,3)	106(7,7)	30(11)	20(4,2)	5(5,5)	15(5,6)	
Ingesta de agua								<0,001
Igual	1043(38)	94(35,9)	544(39,6)	116(42,6)	185(38,9)	27(29,7)	77(28,5)	
Menor	707(25,8)	34(13)	400(29,1)	64(23,5)	127(26,7)	26(28,6)	56(20,7)	
Mayor	995(36,2)	134(51,1)	430(31,3)	92(33,8)	164(34,5)	38(41,8)	137(50,7)	
Medidas de higiene								0,068
Igual	466(17)	31(11,8)	239(17,4)	47(17,3)	94(19,7)	18(19,8)	37(13,7)	
Mayor	2279(83)	231(88,2)	113 (82,6)	225(82,7)	382(80,3)	73(80,2)	233(86,3)	

	Nacional N=2745(%)	Atlántica N=262 (%)	Bogotá N=1,374 (%)	Central N=272 (%)	Oriental N=476 (%)	Orinoquía - Amazonas N=91 (%)	Pacífica N=270 (%)	p- valor ¹
Consumo alimentos perecederos								0,309
Igual	1033(37,6)	108(41,2)	509(37)	102(37,5)	183(38,4)	30(33)	101(37,4)	
Menor	334(12,2)	24(9,2)	153(11,1)	38(14)	64(13,4)	17(18,7)	38(14,1)	
Mayor	1378(50,2)	130(49,6)	712(51,8)	132(48,5)	229(48,1)	44(48,4)	131(48,5)	
Gasto en alimentación								0,010
Igual	544(19,8)	65(24,8)	273(19,9)	59(21,7)	89(18,7)	14(15,4)	44(16,3)	
Menor	251(9,2)	11(4,2)	148(10,8)	28(10,3)	38(8)	7(7,7)	19(7)	
Mayor	1950(71,0)	186(71)	953(69,4)	185(68)	349(73,3)	70(76,9)	207(76,7)	
Dificultad para conseguir alimentos								<0,001
No	1831(66,7)	168(64,1)	968(70,5)	182(66,9)	300(63)	43(47,3)	170(63)	
Si	91 (33,3)	94(35,9)	406(29,5)	90(33,1)	176(37)	48(52,7)	100(37)	
Frecuencia coCCIÓN alimentos en casa								0,001
Antes no, pero ahora si	196(7,1)	20(7,63)	104(7,57)	17(6,25)	31(6,51)	5 (5,49)	19(7,04)	
Nunca	158(5,8)	14(5,34)	79(5,75)	19(6,99)	29(6,09)	1 (1,10)	16 (5,93)	
Igual	640(23,3)	88(33,6)	285(20,7)	70(25,7)	11 (24,2)	17 (18,7)	65(24,1)	
Menor	124(4,5)	26(9,92)	39(2,84)	20(7,35)	19(3,99)	9 (9,89)	11(4,07)	
Mayor	1627(59,3)	114(43,5)	867(63,1)	146(53,7)	282(59,2)	59 (64,8)	159(58,9)	

¹ Diferencias entre grupos fueron evaluados por Test de Chi-cuadrado.

² número de comidas consumidas fuera de casa durante la cuarentena.

En la tabla 1.16 se recogen las prácticas relacionadas con procesos culinarios por regiones. Se encontraron diferencias significativas por regiones para todos los métodos excepto para la frecuencia de fritura (p-valor=0,254). El hervido y la plancha fueron los métodos culinarios más utilizados y el microondas y el horneado los menos empleados.

Tabla 1.16. Comportamientos alimentarios de los encuestados COVIDiet en Colombia por regiones según el proceso culinario aplicado.

Proceso culinario ²	Frecuencia	Nacional	Atlántica	Bogotá	Central	Oriental	Orinoquía Amazonas	Pacífica	p-valor ¹
		N=2745(%)	N=262(%)	N=1374(%)	N=272(%)	N=476(%)	N=91(%)	N=270(%)	
Hervido	0	131(4,8)	19(7,3)	53(3,9)	16(5,9)	17(3,6)	6(6,6)	20(7,4)	0,016
	1	267 (9,7)	31(11,8)	123(8,9)	31(11,4)	44(9,2)	8(8,8)	30(11,1)	
	2	524(19,1)	54(20,6)	264(19,2)	47(17,3)	94(19,7)	13(14,3)	52(19,3)	
	3	522(19)	48(18,3)	245(17,8)	54(19,9)	84(17,6)	28(30,8)	63(23,3)	
	4	471(17,2)	45(17,2)	244(17,8)	52(19,1)	80(16,8)	12(13,2)	38(14,1)	
	5	830(30,2)	65(24,8)	445(32,4)	72(26,5)	157(33)	24(26,4)	67(24,8)	
Fritura	0	392(14,3)	31(11,8)	207(15,1)	41(15,1)	65(13,7)	5(5,5)	43(15,9)	0,254
	1	838(30,5)	71(27,1)	410(29,8)	95(34,9)	151(31,7)	27(29,7)	84(31,1)	
	2	621(22,6)	63(24)	303(22,1)	69(25,4)	105(22,1)	24(26,4)	57(21,1)	
	3	528(19,2)	57(21,8)	268(19,5)	43(15,8)	95(20)	17(18,7)	48(17,8)	
	4	242(8,8)	25(9,5)	127(9,2)	15(5,5)	42(8,8)	9(9,9)	24(8,9)	
	5	124(4,5)	15(5,7)	59(4,3)	9(3,3)	18(3,8)	9(9,9)	14(5,2)	
Horneado	0	955(34,8)	122(46,6)	430(31,3)	87(32)	166(34,9)	50(54,9)	100(37)	<0,001
	1	517(18,8)	39(14,9)	265(19,3)	44(16,2)	106(22,3)	15(16,5)	48(17,8)	
	2	464(16,9)	40(15,3)	236(17,2)	52(19,1)	91(19,1)	8(8,8)	37 (13,7)	
	3	427(15,6)	35(13,4)	214(15,6)	50(18,4)	68(14,3)	12(13,2)	48(17,8)	
	4	227(8,3)	14(5,3)	136(9,9)	23(8,5)	31(6,5)	5(5,5)	18(6,7)	
	5	155(5,6)	12(4,6)	93 (6,8)	16(5,9)	14 (2,9)	1(1,1)	19(7)	
Microondas	0	2068(75,3)	210(80,2)	996(72,5)	199(73,2)	386(81,1)	77(84,6)	200(74,1)	0,022
	1	303(11)	25(9,5)	160(11,6)	28(10,3)	47(9,9)	8(8,8)	35(13)	
	2	168(6,1)	13(5)	101(7,4)	19(7)	17(3,6)	3(3,3)	15(5,6)	
	3	109(4,0)	8(3,1)	55 (4)	18(6,6)	14(2,9)	2(2,2)	12(4,4)	
	4	51 (1,9)	3(1,1)	31(2,3)	2(0,7)	7 (1,5)	1(1,1)	7(2,6)	
	5	46(1,7)	3(1,1)	31(2,3)	6(2,2)	5(1,1)	0(0)	1(0,4)	
Estofado	0	694(25,3)	86(32,8)	313(22,8)	83(30,5)	121(25,4)	31(34,1)	60(22,2)	0,017
	1	426(15,5)	38(14,5)	197(14,3)	49(18)	69(14,5)	14(15,4)	59(21,9)	
	2	554(20,2)	48(18,3)	291(21,2)	47(17,3)	99(20,8)	18(19,8)	51(18,9)	
	3	477(17,4)	40(15,3)	264(19,2)	40(14,7)	72(15,1)	10(11)	51(18,9)	
	4	379(13,8)	31(11,8)	197(14,3)	36(13,2)	74(15,5)	11(12,1)	30(11,1)	
	5	215(7,8)	19(7,3)	112(8,2)	17(6,3)	41(8,6)	7(7,7)	19(7)	
Plancha	0	199(7,2)	26(9,9)	86(6,3)	26(9,6)	31(6,5)	10(11)	20(7,4)	0,027
	1	364(13,3)	34(13)	164(11,9)	41(15,1)	73(15,3)	15(16,5)	37(13,7)	
	2	569(20,7)	49(18,7)	292(21,3)	49(18)	107(22,5)	24(26,4)	48(17,8)	
	3	519(18,9)	50(19,1)	266(19,4)	38(14)	93(19,5)	14(15,4)	58(21,5)	
	4	565(20,6)	45(17,2)	301(21,9)	53(19,5)	103(21,6)	15(16,5)	48(17,8)	
	5	529(19,3)	58(22,1)	265(19,3)	65(23,9)	69(14,5)	13(14,3)	59(21,9)	

¹Las diferencias entre los grupos se evaluaron mediante la prueba de chi-cuadrado.

²Proceso culinario aplicado: incluye una escala de 5 puntos que van desde “nunca” hasta “muy a menudo”.

La tabla 1.17 recoge la información reportada para las frituras. La mitad de los encuestados consumieron fritos de una a tres veces por semana. El 7% de los encuestados de Orinoquía-Amazonas informaron comer alimentos fritos más de siete veces por semana en comparación con menos del 2% de los encuestados en otras regiones (p-valor=0,002). Adicionalmente, la frecuencia de guisados fue alta en esta región (25% de los encuestados refieren más de cinco veces por

semana). El aceite más consumido fue el de girasol, seguido de los aceites de canola y soya. El tipo de aceite fue significativamente diferente entre las regiones (p-valor <0,001). La reutilización del aceite fue menos frecuente en Bogotá (48,3% de los encuestados), pero se aplicó con una mayor frecuencia en Orinoquía-Amazonas (85,7% de los encuestados) con un p valor<0,001.

Tabla 1.17. Consumo de frituras en población colombiana (%).

	Nacional N=2745(%)	Atlántica N=262(%)	Bogotá N=1374(%)	Central N=272(%)	Oriental N=476(%)	Orinoquía- Amazonas N=91(%)	Pacífica N=270 (%)	p- valor ¹
Frecuencia de consumo de frituras								<0,001
Nunca	341(12,4)	27(10,3)	187(13,6)	35(12,9)	44(9,2)	9 (9,9)	39(14,4)	
Como Antes	1354(49,3)	117(44,7)	682(49,6)	134(49,3)	253(53,2)	38 (41,8)	130(48,1)	
Menor	511(18,6)	62(23,7)	251(18,3)	61(22,4)	84(17,6)	9 (9,9)	44(16,3)	
Mayor	539(19,6)	56(21,4)	254(18,5)	42(15,4)	95(20)	35 (38,5)	57(21,1)	
Ingesta de alimentos fritos								0,002
Nunca	253(9,2)	22(8,4)	130(9,5)	33(12,1)	33(6,9)	6 (6,6)	29(10,7)	
< 1 veces/semana	647 (23,6)	59(22,5)	342(24,9)	63(23,2)	104(21,8)	14 (15,4)	65(24,1)	
1-3 veces/semana	1429(52,1)	140(53,4)	720(52,4)	136(50)	261(54,8)	44 (48,4)	128(47,4)	
4-6 veces/semana	371(13,5)	40(15,3)	164(11,9)	36(13,2)	67(14,1)	21 (23,1)	43(15,9)	
≥ 7 veces/semana	45(1,6)	1(0,4)	18(1,3)	4(1,5)	11(2,3)	6 (6,6)	5(1,9)	
Guisos								<0,001
< 3 veces/semana	1008(36,7)	118(45,0)	465(33,8)	129(47,4)	149(31,3)	26 (28,6)	121(44,8)	
3-4 veces/semana	1114(40,6)	111(42,4)	577(42)	81(29,8)	188(39,5)	42 (46,2)	115(42,6)	
≥ 5 veces/semana	623(22,7)	33(12,6)	332(24,2)	62(22,8)	139(29,2)	23 (25,3)	34(12,6)	
Tipo de aceite²								<0,001
Aceite de girasol	1144(41,7)	103(39,3)	604(44)	104(38,2)	204(42,9)	24 (26,4)	105(38,9)	
Aceite de canola	315(11,5)	17(6,5)	170(12,4)	37(13,6)	62(13)	3 (3,3)	26(9,6)	
Aceite de maíz	59(2,1)	10(3,8)	25(1,8)	4(1,5)	11(2,3)	1 (1,1)	8(3)	
Aceite de oliva	327(11,9)	18(6,9)	193(14)	33(12,1)	50(10,5)	6 (6,6)	27(10)	
Aceite de palma	90(3,3)	19(7,3)	24(1,7)	13(4,8)	18(3,8)	5 (5,5)	11(4,1)	
Aceite de soja	279(10,2)	38(14,5)	93(6,8)	35(12,9)	47(9,9)	26 (28,6)	40(14,8)	
Aceites mixtos	246(9)	33(12,6)	109(7,9)	19(7)	46(9,7)	16 (17,6)	23(8,5)	
Otro	196(7,1)	1(0,4)	56(4,1)	7(2,6)	15(3,2)	3 (3,3)	7(2,6)	
Desconocido	89(3,2)	23(8,8)	100(7,3)	20(7,4)	23(4,8)	7 (7,7)	23(8,5)	
Reutilización aceite								<0,001
Nunca	1114(40,6)	66(25,2)	663(48,3)	92(33,8)	194(40,8)	13(14,3)	86(31,9)	
2 veces	1082(39,4)	133(50,8)	498(36,2)	107(39,3)	196(41,2)	41(45,1)	107(39,6)	
≥ 3 veces	388(14,1)	47(17,9)	141(10,3)	53(19,5)	68(14,3)	29(31,9)	50(18,5)	
Desconocido	161(5,9)	16(6,1)	72(5,2)	20(7,4)	18(3,8)	8(8,8)	27(10)	

¹ Las diferencias entre grupos se evaluaron mediante prueba de Chi cuadrado.

² Se refiere el tipo de aceite utilizado para freír u otros procesos culinarios.

Patrones dietéticos a nivel nacional y regional

Los patrones dietéticos se definen a partir de los alimentos que son consumidos con mayor frecuencia por parte de una población. La figura 1.8 presenta el consumo de raciones de los principales grupos de alimentos en Colombia según su frecuencia habitual, expresadas por día o por semana. Se observó un incremento en el consumo diario de raciones de cereales, café, bebidas con panela, azúcar o panela; y el consumo semanal de leguminosas y huevos. Se disminuyó el consumo

diario de tubérculos y plátanos, frutas y verduras, refrescos y el consumo semanal de carnes rojas, pescado, aves y derivados y frutos secos. Los consumos de leche y derivados y panadería y pastelería se conservaron estables.

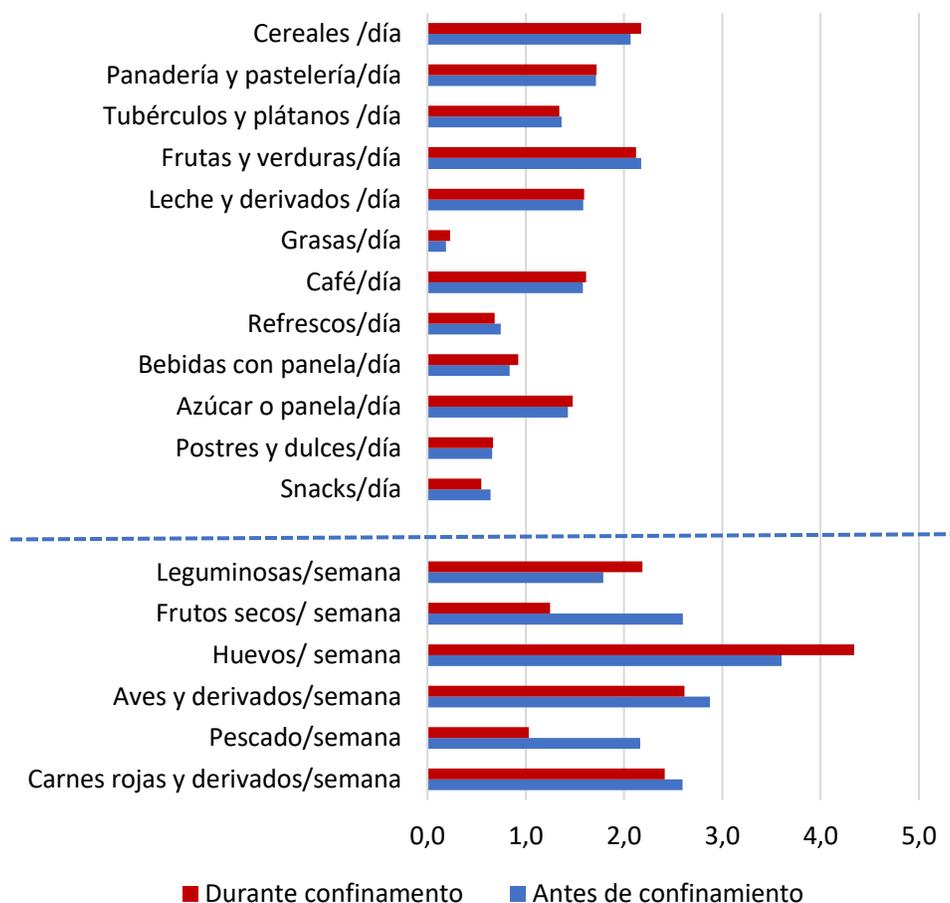


Figura 1.8. Consumo de los principales grupos de alimentos (expresado en raciones/día o raciones/semana) antes y durante el confinamiento.

La frecuencia de ingesta dietética de los grupos de alimentos, expresada en raciones diarias o semanales, se puede detallar en la tabla 1.18. A nivel nacional, la mayoría consumen diariamente de una a tres raciones de cereales; una o dos raciones de productos de panadería y pastelería, así como de tubérculos y plátanos y leche y productos lácteos; dos raciones de frutas y verduras y una a tres de café. Un alto porcentaje refirió no consumir refrescos (64,4%) o snacks (60,3%). El 46,3% de la población indica no consumir postres y dulces; 39,3% no consume azúcar o panela y 48,4% no consume bebidas de panela.

Respecto a los alimentos proteicos, semanalmente, la mayoría consumen de una a tres raciones de carnes y derivados; dos a tres raciones de pollo; una ración de pescados; cuatro a seis raciones de

huevos y una a tres raciones de leguminosas. En relación con la grasa el 31% respondió no consumir grasas.

Tabla 1.18. Consumo de los principales grupos de alimentos durante el confinamiento en raciones por día o por semana según regiones.

Grupo de alimentos	Nacional N=2745(%)	Atlántica N=262(%)	Bogotá N=1,374(%)	Central N=272(%)	Oriental N=476(%)	Orinoquía Amazonas N=91(%)	Pacífica N=270 (%)	p-valor¹
Cereales raciones/d								<0,001
0	46(1,68)	5(1,91)	28(2,04)	2(0,74)	4(0,84)	1(1,10)	6(2,22)	
1	819(29,8)	74(28,2)	426(31,0)	71(26,1)	166(34,9)	27(29,7)	55(20,4)	
2	1076(39,2)	110(42,0)	556(40,5)	91(33,5)	169(35,5)	35(38,5)	115(42,6)	
3	511(18,6)	40(15,3)	250(18,2)	50(18,4)	98(20,6)	13(14,3)	60(22,2)	
4	206(7,50)	26(9,92)	86(6,26)	31(11,4)	26(5,46)	10(11,0)	27(10,0)	
5	87(3,17)	7(2,67)	28(2,04)	27(9,93)	13(2,73)	5(5,49)	7(2,59)	
Panadería y Pastelería raciones/d								0,001
0	250(9,11)	32(12,2)	110(8,01)	15(5,51)	49(10,3)	7(7,69)	37(13,7)	
1	991(36,1)	115(43,9)	483(35,2)	91(33,5)	167(35,1)	38(41,8)	97(35,9)	
2	906(33,0)	75(28,6)	443(32,2)	112(41,2)	159(33,4)	25(27,5)	92(34,1)	
3	399(14,5)	31(11,8)	222(16,2)	35(12,9)	71(14,9)	12(13,2)	28(10,4)	
4	140(5,10)	6(2,29)	80(5,82)	12(4,41)	24(5,04)	7(7,69)	11(4,07)	
5	59(2,15)	3(1,15)	36(2,62)	7(2,57)	6(1,26)	2(2,20)	5(1,85)	
Tubérculos y plátanos raciones/d								<0,001
0	235(8,56)	13(4,96)	142(10,3)	16(5,88)	32(6,72)	7(7,69)	25(9,26)	
1	1678(61,1)	166(63,4)	847(61,6)	167(61,4)	293(61,6)	47(51,6)	158(58,5)	
2	674(24,6)	65(24,8)	322(23,4)	70(25,7)	123(25,8)	27(29,7)	67(24,8)	
3	120(4,37)	13(4,96)	46(3,35)	14(5,15)	25(5,25)	7(7,69)	15(5,56)	
4	38(1,38)	5(1,91)	17(1,24)	5(1,84)	3(0,63)	3(3,30)	5(1,85)	
Frutas and verduras raciones/d								0,026
0	131(4,77)	22(8,40)	44(3,20)	13(4,78)	27(5,67)	14(15,4)	11(4,07)	
1	716(26,1)	82(31,3)	343(25,0)	67(24,6)	116(24,4)	29(31,9)	79(29,3)	
2	833(30,3)	77(29,4)	419(30,5)	88(32,4)	142(29,8)	23(25,3)	84(31,1)	
3	671(24,4)	53(20,2)	351(25,5)	52(19,1)	139(29,2)	14(15,4)	62(23,0)	
4	256(9,33)	18(6,87)	136(9,90)	35(12,9)	39(8,19)	8(8,79)	20(7,41)	
5	138(5,03)	10(3,82)	81(5,90)	17(6,25)	13(2,73)	3(3,30)	14(5,19)	
Leche y productos lácteos raciones/d								0,015
0	272(9,91)	24(9,16)	132(9,61)	29(10,7)	41(8,61)	18(19,8)	28(10,4)	
1	1085(39,5)	121(46,2)	513(37,3)	97(35,7)	214(45,0)	37(40,7)	103(38,1)	
2	902(32,9)	82(31,3)	463(33,7)	89(32,7)	156(32,8)	21(23,1)	91(33,7)	
3	357(13,0)	27(10,3)	197(14,3)	40(14,7)	48(10,1)	12(13,2)	33(12,2)	
4	97(3,53)	3(1,15)	54(3,93)	12(4,41)	15(3,15)	3(3,30)	10(3,70)	
5	32(1,17)	5(1,91)	15(1,09)	5(1,84)	2(0,42)	0(0,00)	5(1,85)	
Carnes rojas y derivados raciones/s								0,008
0	293(10,7)	23(8,78)	157(11,4)	33(12,1)	35(7,35)	8(8,79)	37(13,7)	
1	556(20,3)	51(19,5)	286(20,8)	51(18,8)	95(20,0)	21(23,1)	52(19,3)	
2	690(25,1)	76(29,0)	334(24,3)	58(21,3)	131(27,5)	19(20,9)	72(26,7)	
3	572(20,8)	63(24,0)	282(20,5)	46(16,9)	115(24,2)	15(16,5)	51(18,9)	
4	293(10,7)	22(8,40)	142(10,3)	34(12,5)	59(12,4)	11(12,1)	25(9,26)	
5	341(12,4)	27(10,3)	173(12,6)	50(18,4)	41(8,61)	17(18,7)	33(12,2)	

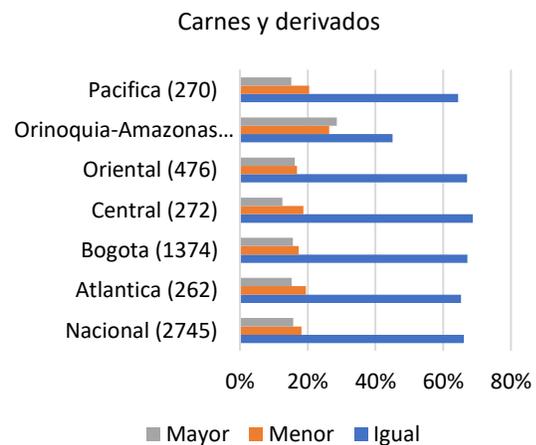
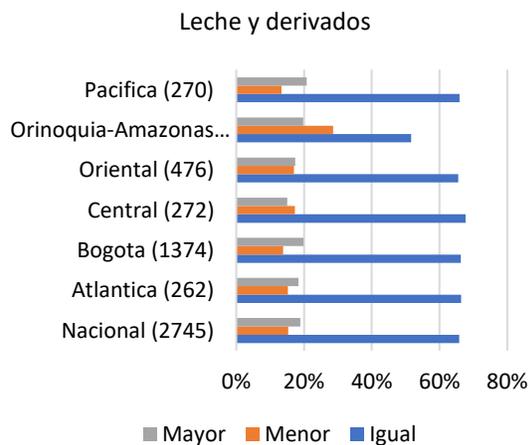
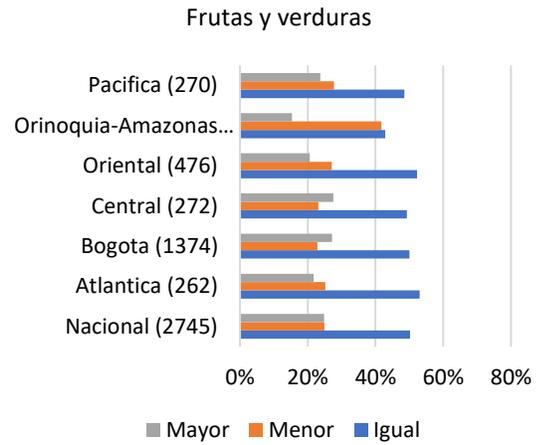
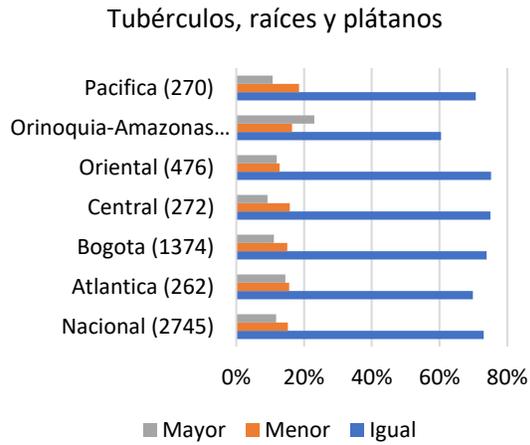
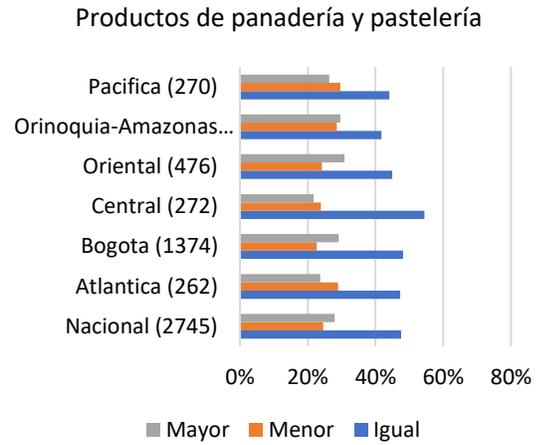
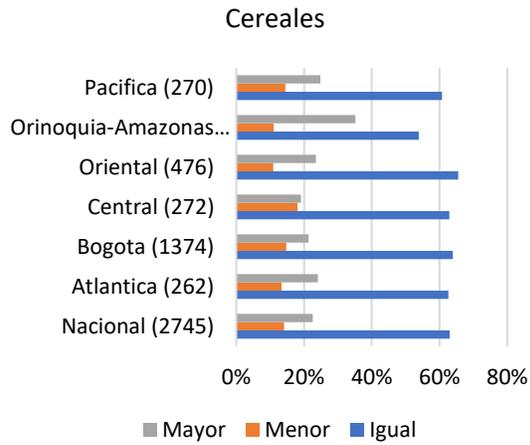
Grupo de alimentos	Nacional N=2745(%)	Atlántica N=262(%)	Bogotá N=1,374(%)	Central N=272(%)	Oriental N=476(%)	Orinoquía Amazonas N=91(%)	Pacífica N=270 (%)	p-valor¹
Pescado raciones/s								0,035
0	783(28,5)	59(22,5)	360(26,2)	91(33,5)	144(30,3)	33(36,3)	96(35,6)	
1	1290(47,0)	139(53,1)	640(46,6)	124(45,6)	236(49,6)	34(37,4)	117(43,3)	
2	464(16,9)	46(17,6)	255(18,6)	38(14,0)	67(14,1)	14(15,4)	44(16,3)	
3	151(5,50)	14(5,34)	85(6,19)	15(5,51)	22(4,62)	6(6,59)	9(3,33)	
4	38(1,38)	2(0,76)	24(1,75)	3(1,10)	5(1,05)	2(2,20)	2(0,74)	
5	19(0,69)	2(0,76)	10(0,73)	1(0,37)	2(0,42)	2(2,20)	2(0,74)	
Aves y procesados raciones/s								<0,001
0	123(4,48)	12(4,58)	58(4,22)	20(7,35)	12(2,52)	7 (7,69)	14(5,19)	
1	356(13,0)	48(18,3)	152(11,1)	59(21,7)	51(10,7)	10(11,0)	36(13,3)	
2	752(27,4)	75(28,6)	387(28,2)	77(28,3)	132(27,7)	26(28,6)	55(20,4)	
3	836(30,5)	81(30,9)	421(30,6)	70(25,7)	144(30,3)	28(30,8)	92(34,1)	
4	386(14,1)	25(9,54)	200(14,6)	27(9,93)	87(18,3)	11(12,1)	36(13,3)	
5	292(10,6)	21(8,02)	156(11,4)	19(6,99)	50(10,5)	9(9,89)	37(13,7)	
Huevos raciones/s								<0,001
0	66(2,40)	11(4,20)	28(2,04)	13(4,78)	5(1,05)	2(2,20)	7(2,59)	
1.5	449(16,4)	74(28,2)	207(15,1)	48(17,6)	61(12,8)	24(26,4)	35(13,0)	
3.5	834(30,4)	100(38,2)	428(31,1)	73(26,8)	136(28,6)	29(31,9)	68(25,2)	
5.5	720(26,2)	41(15,6)	361(26,3)	62(22,8)	152(31,9)	15(16,5)	89(33,0)	
7	676(24,6)	36(13,7)	350(25,5)	76(27,9)	122(25,6)	2 (23,1)	71(26,3)	
Legumbres raciones/s								0,001
0	198(7,21)	19(7,25)	112(8,15)	13(4,78)	38(7,98)	6(6,59)	10(3,70)	
1	734(26,7)	69(26,3)	368(26,8)	90(33,1)	130(27,3)	23(25,3)	54(20,0)	
2	791(28,8)	100(38,2)	388(28,2)	75(27,6)	126(26,5)	24(26,4)	78(28,9)	
3	643(23,4)	58(22,1)	327(23,8)	54(19,9)	111(23,3)	22(24,2)	71(26,3)	
4	233(8,49)	7(2,67)	109(7,93)	26(9,56)	46(9,66)	9(9,89)	36(13,3)	
5	146(5,32)	9(3,44)	70(5,09)	14(5,15)	25(5,25)	7(7,69)	21(7,78)	
Frutos secos raciones/s								0,004
0	1028(37,4)	120(45,8)	474(34,5)	87(32,0)	205(43,1)	46(50,5)	96(35,6)	
1	734(26,7)	69(26,3)	372(27,1)	77(28,3)	118(24,8)	19(20,9)	79(29,3)	
2	442(16,1)	38(14,5)	219(15,9)	48(17,6)	74(15,5)	15(16,5)	48(17,8)	
3	256(9,33)	14(5,34)	149(10,8)	31(11,4)	40(8,40)	5(5,49)	17(6,30)	
4	144(5,25)	9(3,44)	86(6,26)	14(5,15)	15(3,15)	3(3,30)	17(6,30)	
5	141(5,14)	12(4,58)	74(5,39)	15(5,51)	24(5,04)	3(3,30)	13(4,81)	
Grasas raciones/s								<0,001
0	852(31,0)	77(29,4)	465(33,8)	59(21,7)	142(29,8)	25(27,5)	84(31,1)	
1	738(26,9)	83(31,7)	362(26,3)	52(19,1)	143(30,0)	25(27,5)	73(27,0)	
2	494(18,0)	54(20,6)	240(17,5)	52(19,1)	82(17,2)	17(18,7)	49(18,1)	
3	339(12,3)	28(10,7)	162(11,8)	38(14,0)	64(13,4)	14(15,4)	33(12,2)	
4	158(5,76)	14(5,34)	77(5,60)	24(8,82)	24(5,04)	5(5,49)	14(5,19)	
5	164(5,97)	6(2,29)	68(4,95)	47(17,3)	21(4,41)	5(5,49)	17(6,30)	
Bebidas tipo refrescos raciones/d								<0,001
0	1767(64,4)	142(54,2)	924(67,2)	178(65,4)	305(64,1)	45(49,5)	173(64,1)	
1	599(21,8)	70(26,7)	291(21,2)	52(19,1)	111(23,3)	22(24,2)	53(19,6)	
2	207(7,54)	26(9,92)	85(6,19)	27(9,93)	30(6,30)	9(9,89)	30(11,1)	
3	91(3,32)	13(4,96)	39(2,84)	6(2,21)	23(4,83)	6(6,59)	4(1,48)	
4	81(2,95)	11(4,20)	35(2,55)	9(3,31)	7(1,47)	9(9,89)	10(3,70)	

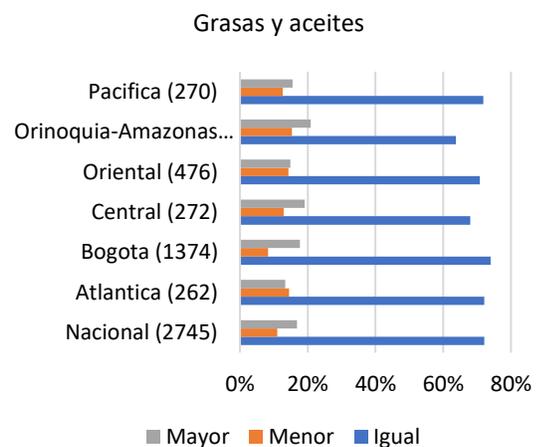
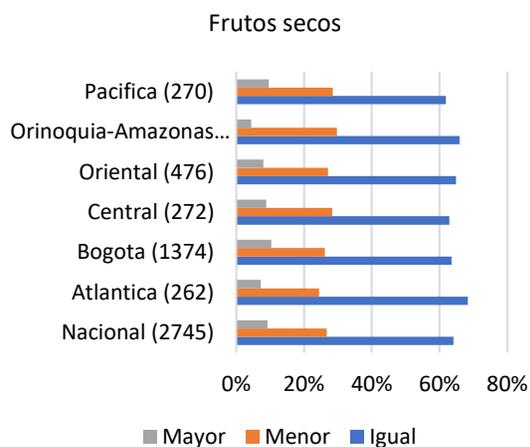
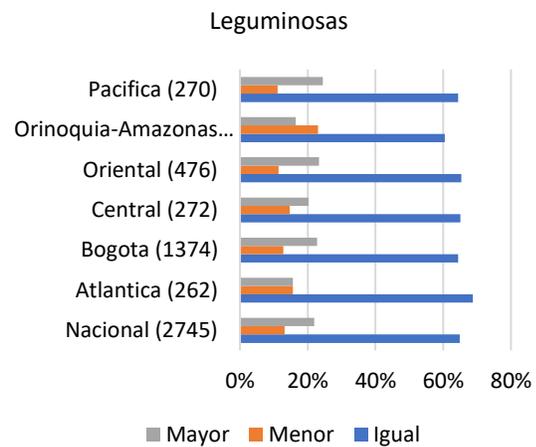
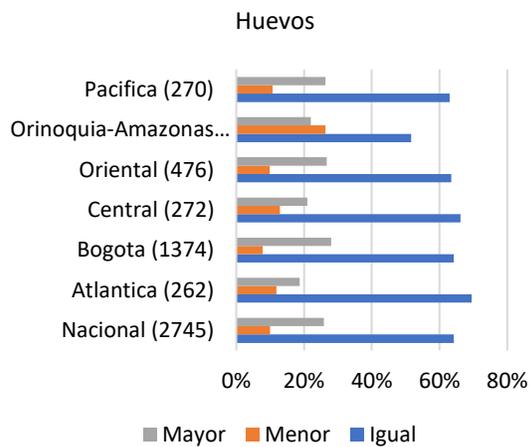
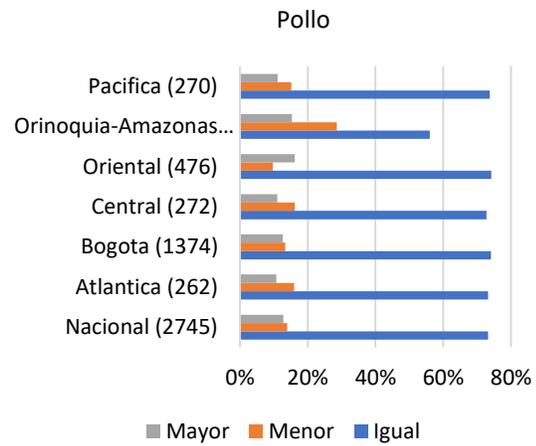
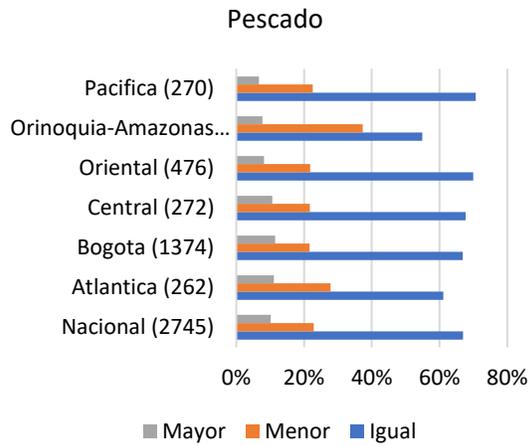
Grupo de alimentos	Nacional N=2745(%)	Atlántica N=262(%)	Bogotá N=1,374(%)	Central N=272(%)	Oriental N=476(%)	Orinoquía Amazonas N=91(%)	Pacífica N=270 (%)	p-valor ¹
Café raciones/d								<0,001
0	592(21,6)	72(27,5)	287(20,9)	55(20,2)	94(19,7)	25(27,5)	59(21,9)	
1	760(27,7)	99(37,8)	364(26,5)	81(29,8)	114(23,9)	26(28,6)	76(28,1)	
2	633(23,1)	55(21,0)	302(22,0)	73(26,8)	111(23,3)	19(20,9)	73(27,0)	
3	370(13,5)	17(6,49)	203(14,8)	26(9,56)	82(17,2)	15(16,5)	27(10,0)	
4	390(14,2)	19(7,25)	218(15,9)	37(13,6)	75(15,8)	6(6,59)	35(13,0)	
Bebidas de panela/d								NA
0	1329 (48.4)	126 (48.1)	710 (51.7)	130 (47.8)	203 (42.6)	33 (36.3)	127 (47.0)	
1	819 (29.8)	92 (35.1)	393 (28.6)	80 (29.4)	156 (32.8)	24 (26.4)	74 (27.4)	
2	337 (12.3)	27 (10.3)	148 (10.8)	37 (13.6)	58 (12.2)	23 (25.3)	44 (16.3)	
3	147 (5.36)	12 (4.58)	71 (5.17)	11 (4.04)	28 (5.88)	9 (9.89)	16 (5.93)	
4	113 (4.12)	5 (1.91)	52 (3.78)	14 (5.15)	31 (6.51)	2 (2.20)	9 (3.33)	
Azúcar o panela/d								NA
0	1078 (39.3)	71 (27.1)	596 (43.4)	119 (43.8)	169 (35.5)	23 (25.3)	100 (37.0)	
1	589 (21.5)	60 (22.9)	296 (21.5)	59 (21.7)	113 (23.7)	19 (20.9)	42 (15.6)	
2	535 (19.5)	59 (22.5)	249 (18.1)	53 (19.5)	92 (19.3)	18 (19.8)	64 (23.7)	
3	290 (10.6)	43 (16.4)	122 (8.88)	20 (7.35)	57 (12.0)	16 (17.6)	32 (11.9)	
4	133 (4.85)	14 (5.34)	61 (4.44)	13 (4.78)	23 (4.83)	5 (5.49)	17 (6.30)	
5	120 (4.37)	15 (5.73)	50 (3.64)	8 (2.94)	22 (4.62)	10 (11.0)	15 (5.56)	
Postres y dulces/d								NA
0	1271 (46.3)	146 (55.7)	600 (43.7)	109 (40.1)	233 (48.9)	50 (54.9)	133 (49.3)	
1	1169 (42.6)	86 (32.8)	626 (45.6)	139 (51.1)	190 (39.9)	22 (24.2)	106 (39.3)	
2	228 (8.31)	22 (8.40)	107 (7.79)	17 (6.25)	40 (8.40)	14 (15.4)	28 (10.4)	
3	77 (2.81)	8 (3.05)	41 (2.98)	7 (2.57)	13 (2.73)	5 (5.49)	3 (1.11)	
Snacks/d								NA
0	1655 (60.3)	158 (60.3)	804 (58.5)	174 (64.0)	304 (63.9)	51 (56.0)	164 (60.7)	
1	806 (29.4)	71 (27.1)	418 (30.4)	81 (29.8)	133 (27.9)	21 (23.1)	82 (30.4)	
2	204 (7.43)	26 (9.92)	110 (8.01)	11 (4.04)	25 (5.25)	14 (15.4)	18 (6.67)	
3	51 (1.86)	4 (1.53)	28 (2.04)	3 (1.10)	9 (1.89)	4 (4.40)	3 (1.11)	
4	29 (1.06)	3 (1.15)	14 (1.02)	3 (1.10)	5 (1.05)	1 (1.10)	3 (1.11)	

¹ las diferencias entre los grupos se evaluaron mediante la prueba de chi-cuadrado. Las diferencias entre los grupos se evaluaron mediante la prueba exacta de Fisher, hubo menos de 5 observaciones en algunas categorías.

El consumo de raciones por grupos de alimentos fue variable según se observa en la Figura 1.9. En la región Atlántica se presentó un incremento en el consumo de raciones de cereales, leche y derivados, huevos, bebidas de panela y mantuvo su consumo de leguminosas, azúcar o panela y café. El consumo de los otros grupos se disminuyó. En Bogotá se incrementó el consumo de raciones de cereales, productos de panadería y pastelería, frutas y verduras, leguminosas, leche y derivados, huevos, grasas, bebidas de panela y café y se disminuyó el consumo de tubérculos y plátanos, frutos secos, carnes rojas, pescados, refrescos y snacks. La región Central tuvo un comportamiento similar a Bogotá, pero disminuyó su consumo de productos de panadería y pastelería, pollo y mantuvo su consumo de café y leche y derivados. La región oriental disminuyó el consumo de tubérculos y plátanos; frutas y verduras, frutos secos, pescado y refrescos. La región de Orinoquía- Amazonía, presentó la mayor cantidad de variaciones, disminuyó el consumo de la mayor parte de los grupos de alimentos y solo incrementó cereales, tubérculos y plátanos, carnes rojas, grasas, bebidas con panela, azúcar o panela, café y snacks. Finalmente, en la región Pacífica se incrementó el consumo de cereales, leguminosas, leche y derivados, huevos y grasas, bebidas con panela, azúcar o panela y café. El consumo de productos de panadería y pastelería y refrescos se redujo.

En la mayoría de las regiones se observa un incremento en el consumo de grupos de alimentos como cereales, leche y derivados (excepto para Orinoquía-Amazonía), huevos, leguminosas, grasas, café, bebidas de panela y azúcar o panela. La ingesta de pescado y frutos secos disminuyó en todas las regiones. El consumo de frutas y verduras disminuyó en todas las regiones excepto en Bogotá y en la región Central. Orinoquía-Amazonía disminuyó el consumo de todos los alimentos fuente de proteína y aumentó el consumo de algunos alimentos hidrocarbonados.





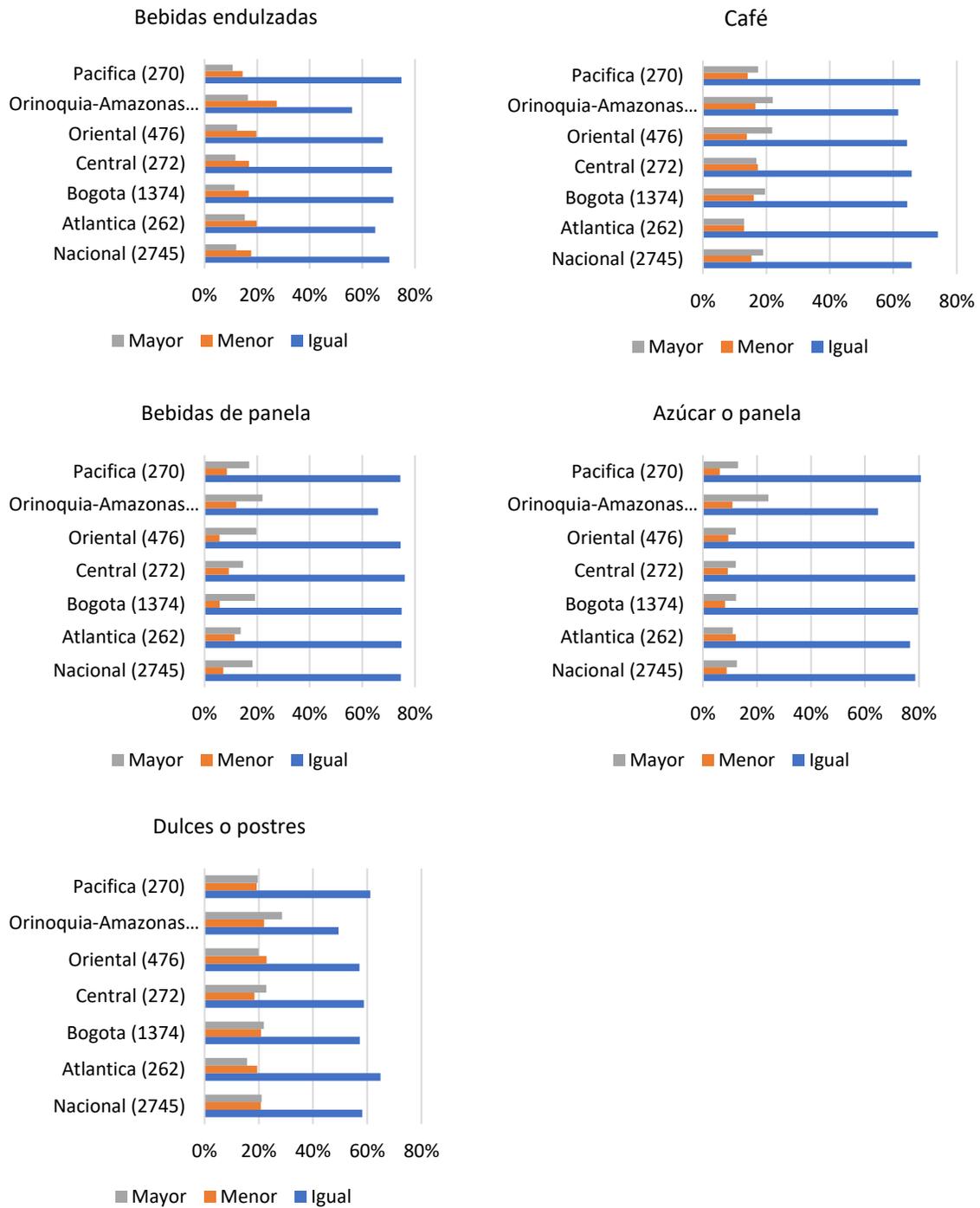


Figura 1.9. Variación (expresada en porcentaje de personas) del consumo por regiones de los principales grupos de alimentos durante el confinamiento, respecto a la ingesta dietética previa.

El estudio de patrones dietéticos de la población COVIDiet Colombia se realizó, considerando la información de raciones consumidas, para la situación previa y durante el confinamiento. La figura 1.10 muestra los patrones obtenidos antes del confinamiento y la figura 1.11 muestra los patrones obtenidos durante el confinamiento. Antes del confinamiento se obtuvieron tres patrones: el primero, un patrón dietético fuente de proteínas que incluía pollo, carnes rojas, pescado, leguminosas, huevos y grasas; un segundo patrón que agrupaba alimentos fuente de carbohidratos que incluía cereales y derivados; tubérculos y plátanos, entre otros. Estos patrones, en su conjunto, guardan correspondencia con lo que se constituiría un patrón tradicional que incluye alimentos habituales. El tercer patrón es un grupo de alimentos fuente de azúcares como bebidas tipo refrescos, gaseosas o agua de panela y azúcar o panela (carga >0,3) y contrario para frutas y verduras (carga negativa >0,3), que evidencia unas características afines con la occidentalización de la alimentación.

Durante el confinamiento se obtuvieron cuatro patrones: un patrón con predominio de alimentos fuente proteína animal (huevos, aves y derivados, carnes rojas y procesados, grasas, leche y derivados lácteos); otro patrón con predominio de alimentos almidonados y alimentos azucarados; un tercer patrón que sigue una dieta occidentalizada (postres, snacks, grasas, leche y derivados, carnes rojas y procesadas, bebidas (refrescos y bebidas endulzadas). Por último, un patrón conformado por frutas, verduras y pescados.

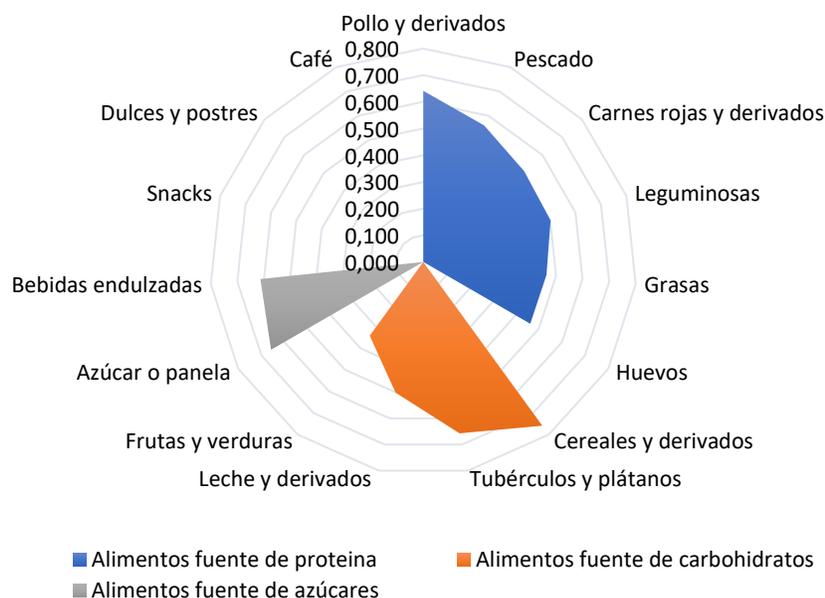


Figura 1.10. Gráfico radial con patrones alimentos derivados del Análisis de Componentes Principales (ACP), antes del confinamiento entre los encuestados del estudio COVIDiet Colombia.

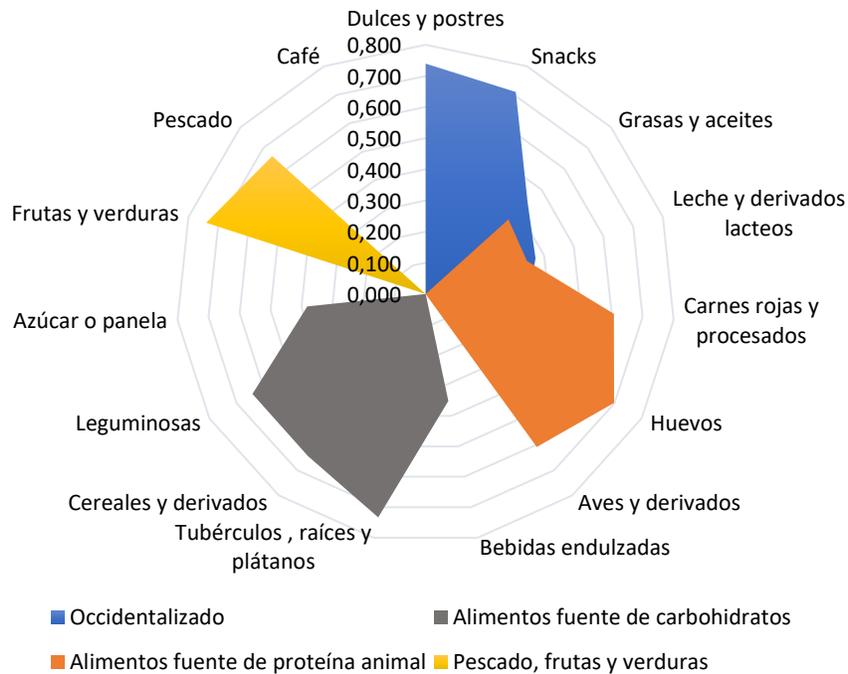


Figura 1.11. Gráfico radial con patrones alimentos derivados del Análisis de Componentes Principales (ACP), durante el confinamiento entre los encuestados del estudio COVIDiet Colombia.

La tabla 1.19 muestra las cargas factoriales de los alimentos de cada patrón (antes y durante el confinamiento). La varianza explicada por grupos dietéticos fue más alta para el patrón alimentos fuente de proteína, seguido por el de alimentos fuente de carbohidratos antes del confinamiento. En tanto que durante el confinamiento se muestra un patrón denominado occidentalizado, seguido por el patrón de alimentos fuente de carbohidratos.

Tabla 1.19. Cargas factoriales para los patrones derivados entre los encuestados de dieta-COVID-19 en Colombia, antes y durante el confinamiento

	Patrones dietéticos antes			Patrones dietéticos durante			
	Alimento fuente de proteína	Alimentos fuente de hidratos de carbono	Alimentos fuente de azúcares	Occidentalizado	Alimentos fuente de hidratos de carbono	Alimentos fuente de proteínas de origen animal	Pescado, fruta y vegetales
Leguminosas	0,5	0,22	0,23	-0,14	0,64	0,04	-0,04
Cereales (cereales, panadería y Pastelería))	0,11	0,76	0,01	0,24	0,64	0,16	0,1
Bebidas gaseosas y bebidas de panela)	0,1	0,18	0,61	0,3	0,35	-0,06	-0,25
Snacks (frutos secos y snacks)	0,01	0,06	0,02	0,71	0,07	-0,07	0,11
Tubérculos y plátanos	0,14	0,66	0,25	0,13	0,73	0,04	-0,01
Frutas y verduras	0,06	0,34	-0,68	0,003	0,12	0,13	0,74
Leche y productos lácteos	-0,001	0,5	-0,21	0,37	0,12	0,34	0,24
Carnes rojas y procesados	0,51	0,09	0,09	0,33	0,02	0,61	-0,27
Pescado	0,56	-0,13	-0,14	0,14	-0,08	-0,01	0,66
Aves y procesados	0,64	0,06	-0,06	0,02	0,01	0,61	0,17
Huevos	0,46	0,17	-0,15	-0,18	0,15	0,7	0,08
Grasas	0,46	0,03	0,21	0,44	0,04	0,36	-0,21
Café	0,01	-0,06	0,08	-0,07	-0,1	0,14	0,14
Azúcar o panela	0,02	0,25	0,66	0,19	0,38	0,01	-0,43
Postres y Dulces	0,04	0,14	0,21	0,74	0,06	0,01	0,02
Varianza explicada		33%			45%		
Índice Kaiser-Meyer-Olkin		0,72			0,68		

Las puntuaciones de adherencia a los grupos dietéticos derivados a nivel nacional también variaron según las regiones (Tabla 1.20). No se observaron diferencias consistentes en la adherencia por sexo, edad u otras variables. La adherencia al patrón alimentos fuente de carbohidratos, durante el confinamiento, fue mayor por parte de las regiones Pacífica y Orinoquía-Amazonas en comparación con los demás ($p < 0.001$).

Tabla 1.20. Diferencias en las puntuaciones de adherencia a los patrones alimentarios por regiones.

Región	Patrones			
	Occidentalizado	Alimentos fuentes de carbohidratos	Alimentos fuentes de proteínas animales	Pescado, frutas y vegetales
Atlántica	-0,145	-0,08	-0,387	-0,217
Bogotá	-0,119	-0,182	0,037	0,08
Central	0,029	-0,072	0,083	-0,227
Oriental	-0,251	-0,075	0,069	-0,12
Orinoquía	-0,038	0,188	-0,284	-0,43
Amazonas	-0,038	0,188	-0,284	-0,43
Pacífica	-0,262	0,186	0,146	-0,223
p-valor ¹	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001

¹ Las diferencias entre regiones fueron evaluadas a través de la prueba de suma de rangos de Kruskal-Wallis, con la prueba F heteroscedástica de Welch (ANOVA de una vía para datos no normales y heteroscedásticos). Las comparaciones por pares fueron corregidas a través de Bonferroni.

La comparación del comportamiento alimentario por semanas de confinamiento, desde la segunda hasta la cuarta y desde la cuarta hasta la octava indicó que los patrones dietéticos permanecieron similares con respecto a los grupos dietéticos ricos en proteínas y carbohidratos, presentes tanto al inicio como al final del confinamiento. La única variación consistió en que el patrón dietético de frutas, verduras y pescado apareció a partir de la cuarta semana de confinamiento.

Comportamientos asociados con preparación y uso de tratamientos culinarios

La figura 1.12 muestra el gráfico radial derivado del ACP, a partir de las 16 preguntas de la encuesta, relacionadas con prácticas de preparación y cocción de alimentos. Se identificaron cuatro patrones; el primero o patrón fritura definido por todas las variables de fritura (consumo frecuente de fritos, uso del método de fritura, frecuencia en el consumo de frituras y reutilización del aceite); el segundo o de uso de otros métodos de cocción (plancha, estofado, hervido, horneado y elaboración de guisos); el tercero o de prácticas de preparación (compra de perecederos, gasto en alimentos, cocción de alimentos en casa e implementación de medidas de inocuidad e higiene). El cuarto patrón hace referencia a comidas preparadas (mayor uso de los métodos de horneado y microondas y mayor consumo de comidas rápidas y alimentos listos para consumo).

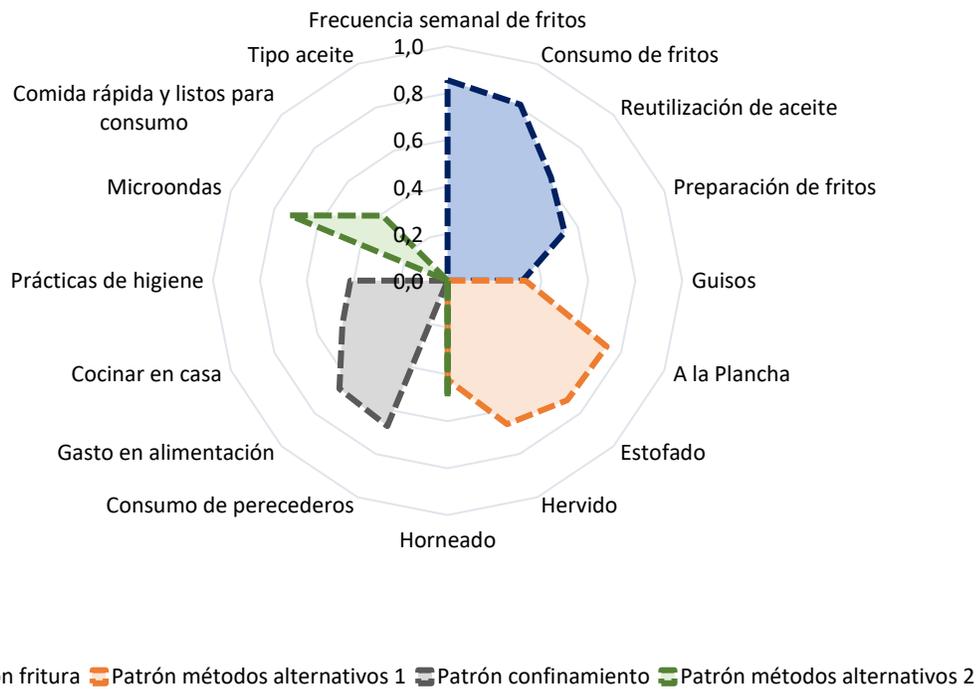


Figura 1.12. Patrones de tratamientos culinarios en una población adulta colombiana.

En la tabla 1.21 se observa que la varianza explicada de estos patrones alcanzó un 44,2%. No hubo diferencias significativas en la adherencia a estos patrones por sexo, edad e IMC; sin embargo, se encontraron diferencias por regiones en todos los patrones (p -valor <0.001); excepto en el patrón 3 (p -valor=0,663). Otros hallazgos previos señalaron asociaciones no significativas entre ingesta de grupos de alimentos y patrones de tratamiento culinario.

Tabla 1.21. Cargas factoriales para los principales alimentos que denotan patrones dietéticos por tratamientos culinarios en una población adulta colombiana.

Características	Patrón Fritura	Patrón Métodos alternativos 1	Patrón Confinamiento	Patrón Métodos alternativos 2
Frecuencia fritura	0,867	-0,072	-0,042	0,027
Consumo alimentos fritos	0,802	-0,050	0,093	0,123
Fritura	0,791	0,209	-0,064	0,087
Reutilización aceite	0,550	-0,058	0,024	-0,217
Guisos	0,282	0,333	0,110	-0,416
Comidas rápidas	0,168	-0,016	0,240	0,434
Incremento en gasto	0,122	-0,020	0,657	-0,039

Características	Patrón		Patrón Confinamiento	Patrón Métodos alternativos 2
	Patrón Fritura	Métodos alternativos 1		
Microondas	0,120	0,075	-0,052	0,692
Tipo de aceite	0,116	0,026	0,027	0,185
Consumo de perecederos	0,080	0,029	0,664	-0,054
Estofado	0,046	0,720	0,037	0,052
Plancha	-0,001	0,733	0,069	0,215
Cocinar en casa	-0,006	0,072	0,475	-0,060
Hervido	-0,033	0,663	-0,090	-0,153
Prácticas de higiene	-0,112	-0,001	0,417	0,064
Horneado	-0,190	0,429	0,070	0,493

Método de extracción: análisis de componentes principales. Se consideraron cargas factoriales por encima de 0,3. Método de rotación: Varimax con normalización Kaiser. Varianza explicada: 44,23% Índice Kaiser-Meyer-Olkin:0,70

C. ESCENARIO POBLACIÓN UNIVERSITARIA COLOMBIANA

Características de la población de estudio

Las prácticas de alimentación fueron exploradas en 53 sujetos del grado de Nutrición y dietética de la Universidad de Colombia. En la tabla 1.22 se detallan las características de la población participante. El grupo estaba constituido por 42 mujeres (79,2%) y 11 hombres (20,8%) con edades entre 18 y 25 años. En su mayoría (79,2%) registraron un IMC normal, el 9,4% presentaron bajo peso y el 11,3% exceso de peso. La mayoría de los estudiantes (75,5%), vivían con la familia.

Tabla 1.22. Características sociodemográficas de una población universitaria de estudio.

	N=53	%
Género		
Hombres	11	20,8
Mujeres	42	79,2
Tipo de vivienda		
Familiar	40	75,5
Unipersonal	9	17
Residencia	4	7,5
Edad (años)		
18-21	41	77,4
22-25	12	22,6
IMC (kg/m²)		
< 18	5	9,4
18-24	42	79,2
25-30	5	9,4
>30	1	1,9

Características de la alimentación: grupos de alimentos, tratamientos culinarios, frituras y ultraprocesados

Consumo de grupos de alimentos

Los registros dietarios de tres días permitieron establecer el consumo o no consumo de los diferentes grupos por parte de los participantes. La tabla 1.23 presenta las tasas de consumidores y no consumidores de la población universitaria estudiada. Los grupos de alimentos de consumo muy frecuente (superior al 90%), corresponden a los alimentos hidrocarbonados: cereales y derivados; tubérculos, raíces y plátanos y frutas y verduras. Los huevos y azúcar o panela fueron reportadas por el 80% de los participantes. El consumo de los grupos de alimentos considerados poco saludables como snacks y bebidas endulzadas (refrescos y gaseosas) fueron consumidos por el 41 y 20% respectivamente de la población. El grupo de otras bebidas como café o chocolate fueron consumidas por el 26% de la muestra. Los grupos de menor consumo correspondieron a postres y dulces, pescado y frutos secos.

Tabla 1.23. Grupos de alimentos consumidos (C) y no consumidos (NC) por la población universitaria

Grupos de alimentos	C /NC (%)
Cereales y derivados	100/0
Tubérculos, raíces y plátanos	91/9
Frutas y verduras	94/6
Leche y derivados lácteos	75/25
Carnes rojas y derivados cárnicos	79/20
Aves y derivados	77/23
Pescados	6/94
Huevos	84/16
Leguminosas	38/62
Grasas: margarinas y mantequillas	4/96
Bebidas endulzadas	20/80
Otras bebidas (café o chocolate)	26/74
Azúcar o panela	85/15
Postres y dulces	2/98
Snacks	41/59
Frutos secos	12/88

La tabla 1.24 recoge las tasas de consumo de los principales grupos de alimentos para cada una de las comidas. Los cereales y derivados fueron incluidos por más del 91% de los participantes en sus comidas principales (desayuno, almuerzo y cena) y menor consumo en media mañana (34%) y en la merienda (42%). Los tubérculos, raíces y plátanos, se incluyeron principalmente en el almuerzo

(83%) y en la cena (45%); las frutas y verduras se consumen en el almuerzo (72%) y desayuno (45%); la leche y derivados sobresalen en el desayuno (76%) y en la cena (38%). Las aves y derivados y las carnes rojas y derivados se incluyen principalmente en el almuerzo (64-74%), y en menor proporción, en la cena (30-42%). La mayoría de los participantes consumieron huevos en el desayuno (70%) y en la cena (32%). El consumo de leguminosas se hizo principalmente en el almuerzo (36%).

Las bebidas endulzadas se incluyeron principalmente en el almuerzo (11%) en tanto que las otras bebidas como café o chocolate acompañaron la merienda (21%). Los snacks como chips de patata, plátano o tostones de maíz se consumieron mayoritariamente en la media mañana (30%) y en la merienda (25%). El consumo de azúcar o panela se distribuye a lo largo de las diferentes comidas (entre 18-21%). La ingesta de pescado, postres y dulces, grasas y frutos secos fue muy baja. Solo unos pocos sujetos los incluyeron en algunas comidas.

Tabla 1.24. Grupos de alimentos consumidos (C) y no consumidos (NC) por la población universitaria según comidas

Grupo de alimento	Desayuno	Media mañana	Almuerzo	Merienda	Cena
	C /NC (%)	C /NC (%)	C /NC (%)	C /NC (%)	C /NC (%)
Cereales y derivados	94/6	34/66	100/0	42/58	91/9
Tubérculos, raíces y plátanos	11/89	6/94	83/17	6/94	45/55
Frutas y verduras	45/55	28/72	72/28	30/70	34/66
Leche y derivados lácteos	76/24	30/70	8/92	34/66	38/62
Carnes rojas y derivados cárnicos	13/87	0/100	74/26	4/96	42/58
Aves y derivados	0/100	4/96	64/36	4/96	30/70
Pescados	0/100	0/100	0/100	0/100	2/98
Huevos	70/30	4/96	13/87	0/100	32/68
Leguminosas	0/100	0/100	36/64	0/100	9/91
Grasas: margarinas y mantequillas	0/100	2/98	0/100	2/98	0/100
Bebidas endulzadas	2/98	6/94	11/89	8/92	0/100
Otras bebidas	13/87	13/87	11/89	21/79	15/85
Azúcar o panela	21/79	21/79	20/80	17/83	18/82
Postres y dulces	0/100	0/100	2/98	0/100	0/100
Snacks	17/100	30/70	6/94	25/100	17/83
Frutos secos	2/98	8/92	0/100	6/94	0/100

Características de las preparaciones

Los tipos de preparaciones para cada grupo de alimentos se recogen en la tabla 4. Se encontraron mayor variedad de preparaciones de los grupos correspondientes a cereales y derivados, tubérculos, raíces y plátanos y frutas y verduras. En menor proporción, se encontraron preparaciones elaboradas con alimentos proteicos como leche, huevos, carnes, aves y pescados.

Tabla 1.25. Tipos de preparaciones de los grupos de alimentos consumidos.

Grupos de alimentos	Tipos de preparaciones
Cereales y derivados	Sopas (arroz, pasta, cuchuco); arroces (blanco o mixtos con verduras y/o carnes); arepas de maíz asadas o fritas (solas o rellenas de queso, huevo, mantequilla); bollos de harina de maíz (solos o con queso); buñuelos y empanadas de maíz fritas; panes, hojaldres, galletas, bocadillos de jamón y queso.
Tubérculos, raíces y plátanos	Sopas (patata, plátano y/o yuca con verduras y carne); Patatas fritas francesa, chips o en cubos; patata salada; puré de patata; patacones fritos (de plátano maduro o verde); chips (plátano maduro o verde); tajadas de plátano (fritas o con adición de melado de panela); plátano maduro al horno (solo o con queso); yuca cocida y frita (dorada) o frita.
Frutas y verduras	Fruta picada sola o mezcla de frutas; salpicón (mezcla de fruta entera y zumo); zumos o jugos de fruta; verduras con carne molida; ensaladas de verduras crudas y cocidas; cremas de verduras (tomate, espinaca); verduras guisadas; mezcla de verduras y carnes; ensaladas de frutas y verduras.
Leche y derivados lácteos	Caldo tipo changüa (caldo de leche, agua, huevo, cebolla); leche (entera, descremada, deslactosada), leche con cereal (hojuelas de maíz u otros cereales extruidos) quesos frescos, yogurt (solo o con cereal y fruta o con granola); kumis.
Carnes rojas y derivados cárnicos	Carne de res guisada o frita; carne de cerdo asada; carne de cerdo con salsa de fruta; carne de cerdo horneada con salsa BBQ; carne molida sofrita; costilla de cerdo asada salchicha frita; hígado de res sudado o frito; salchichas fritas, jamón york.
Aves y derivados	Pechuga de pollo frita; pechuga gratinada; nuggets de pollo; pollo guisado; pollo a la plancha.
Pescados	Cazuela de mariscos, pescado apanado.
Huevos	Huevos fritos, huevos cocidos, revueltos (con salchicha, cebolla y tomate, maíz, carne, patatas).
Leguminosas	Lentejas guisadas, fríjoles guisados; fríjoles con tocineta y jamón y garbanzos.
Grasas: margarinas y mantequillas¹	Margarina y mantequilla para untar; nata o crema de leche.

Grupos de alimentos	Tipos de preparaciones
Bebidas endulzadas	Refresco comercial, néctares; refrescos de té; gaseosas, agua de panela, aguas saborizadas y gasificadas.
Otras bebidas	Café (solo o con leche), chocolate con leche, cocoa con leche, leche con chocolate en polvo; té negro o verde (solo o con leche); aromáticas e infusiones, bebidas con leche de almendras; cocoa con leche; colada de avena; leche con chocolate en polvo.
Azúcar o panela	Panela y azúcar utilizada para endulzar preparaciones.
Postres y dulces	Bocadillo (jalea de guayaba); gomas; chokolatinas.
Snacks²	Patatas chips, tostacos de maíz, barquillos, chips de plátano, extruidos de maíz fritos.
Frutos secos	Maní.

¹La grasa reportada corresponde a grasas untables o adicionadas a las preparaciones. No incluye el aceite de frituras.

² Los snacks corresponde a alimentos comerciales tipo patatas o plátanos fritos, bolitas de queso y productos extruidos, entre otros.

La tabla 1.26 presenta los consumos medios diarios, en raciones/día, de este grupo poblacional, estimados para las cinco comidas (desayuno, media mañana, almuerzo, merienda y cena). La comida que incluye mayor número de grupos de alimentos es el almuerzo, seguida de la cena y el desayuno. Los grupos de alimentos más consumidos diariamente corresponden a cereales y derivados (3,4 raciones), tubérculos, raíces y plátanos (2,12 raciones), frutas y verduras (2,71 raciones), leche y derivados (2,51 raciones) y otras bebidas (2,13). Los desayunos incluyen principalmente leche y derivados, otras bebidas, frutas, huevo y cereales. El almuerzo incluye cereales; frutas y verduras; tubérculos, raíces y plátanos; carnes rojas y derivados; aves y derivados.

En la cena se destacan los cereales y derivados; los tubérculos, raíces y plátanos; frutas y verduras y aves y derivados. En las comidas intermedias destacan cereales y derivados; leche y derivados; frutas y verduras y aves y derivados. La comparación de raciones entre comidas presentó diferencias significativas ($p < 0,05$) para todos los grupos excepto para las categorías otras bebidas, postres y dulces y azúcar o panela.

Tabla 1.26. Consumo medio de raciones/día de los diferentes grupos reportados por el grupo de Universitarios

Grupo alimento	de	Desayuno	Media mañana	Almuerzo	Merienda	Cena	Total, raciones/día	p-valor ¹
Cereales derivados	y	0,8	0,5	0,86	0,5	0,74	3,40	<0.001
Tubérculos, raíces plátanos	y	0,33	0,33	0,67	0,33	0,46	2,12	<0.001
Frutas verduras	y	0,54	0,47	0,72	0,54	0,44	2,71	<0.001
Leche derivados	y	0,67	0,48	0,42	0,44	0,5	2,51	<0.001
Carnes rojas derivados	y	0,33	0	0,51	0,33	0,41	1,58	<0.001
Aves derivados	y	0	0,5	0,47	0,33	0,42	1,72	<0.001
Huevos		0,63	0,33	0,38	0	0,39	1,73	<0.001
Leguminosas		0	0	0,44	0	0,33	0,77	<0.001
Bebidas endulzadas		0,33	0,33	0,39	0,5	0	1,55	0,075
Otras bebidas		0,43	0,57	0,33	0,42	0,38	2,13	0,567
Azúcar panela ²	o	0,07	0,07	0,07	0,06	0,06	0,33	0,970
Postres dulces	y	0	0	0,05	0	0	0,05	0,740
Snacks		0,33	0,42	0,33	0,44	0,41	1,93	0,008
Frutos secos		0	0	0,02	0	0,02	0,04	0,074

¹ las diferencias entre regiones fueron evaluadas mediante la prueba de Welch (ANOVA de una vía para datos no normales y heteroscedásticos).

²La estimación del grupo de Azúcar o panela, se ha realizado considerando un nivel de adición del 5% o 10% de azúcar o panela para el grupo de otras bebidas (café, té, chocolate) y para jugos de fruta.

La tabla 1.27 recoge los tratamientos culinarios de las preparaciones registradas en las diferentes comidas y el número de raciones/día de cada tratamiento. Adicionalmente se indica el consumo medio (raciones/día) estimado de productos comerciales (ultraprocesados). Los tratamientos culinarios más frecuentes, corresponden en orden decreciente, a hervidos, preparaciones sin tratamiento térmico, frituras, plancha y horneados. La media de raciones consumidas de alimentos comerciales (semi e industrializados) fue de 4,02 en tanto que la media de consumo de alimentos ultraprocesados fue de 2,38. De estos últimos se destaca el alto consumo de productos como galletas, tortas, derivados cárnicos como salchicha y jamón, nuggets, bebidas tipo refrescos y snacks en paquete, principalmente en la media mañana, desayuno y merienda. Al comparar los consumos entre las diferentes comidas se encontraron diferencias significativas para todos los grupos de alimentos (p -valor<0,05).

Tabla 1.27. Consumo medio de raciones/día de los diferentes tipos de tratamientos culinarios y productos comerciales reportados por una población de Universitarios.

	Desayuno	Media mañana	Almuerzo	Merienda	Cena	Raciones/día	p-valor ¹
Tratamientos culinarios							
Crudo	0,61	0,58	0,76	0,54	0,6	3,1	<0,001
Guisado	0,33	0	0,61	0	0,5	1,44	<0,001
Hervido	0,68	0,48	1,35	0,54	1,02	4,07	<0,001
Plancha	0,42	0,40	0,46	0,44	0,42	2,14	<0,001
Fritura	0,63	0,33	0,74	0,39	0,53	2,62	<0,001
Calentado (bebidas) ²	0,56	0,33	0	0,41	0,47	1,77	<0,001
Horneado	0	0	0,67	0,33	0,58	1,58	<0,001
Productos comerciales industrializados							
Ultraprocesados ³	0,6	0,82	0,53	0,6	0,43	2,38	<0,001
Otros ³	1,1	0,93	0,59	0,76	0,65	4,02	<0,001

¹ las diferencias entre regiones fueron evaluadas mediante la prueba de Welch (ANOVA de una vía para datos no normales y heteroscedásticos).

² leche y bebidas elaboradas con café soluble

³ corresponden a los alimentos clasificados en categoría cuatro, según clasificación NOVA. Incluye alimentos que resultan de una serie de procesos industriales, muchos de los cuales requieren equipos y tecnología sofisticados.

³Productos comerciales (semi e industrializados). Incluyen ingredientes culinarios como salsas, aderezos, panes, conservas y alimentos ultraprocesados como snacks, bebidas carbonatadas, barras de cereales, chokolatines, entre otros.

Patrones alimentarios del grupo de universitarios

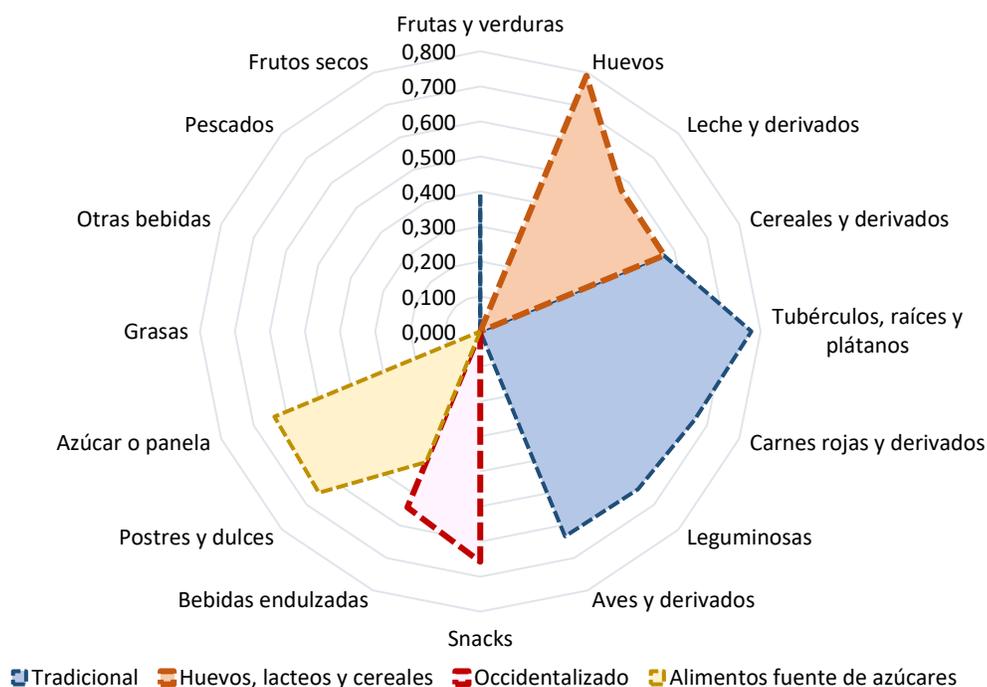
La estimación del patrón dietético se realizó teniendo en cuenta la ingesta de los grupos de alimentos, expresada en g/día. La tabla 1.28 presenta las cargas factoriales de los componentes de los patrones derivados. Se identificaron cuatro patrones: 1) Patrón tradicional conformado por tubérculos, raíces y plátanos; leguminosas, carnes rojas y derivados, aves y derivados los cuales presentaban cargas >0,63 y cereales y derivados (0,567). Este patrón tiene una correlación negativa con el grupo de leche y derivados (-0,349); 2) Patrón proteína-carbohidratos conformado por huevos, leche y derivados y cereales con carga >0,56. Este patrón tiene asociación negativa con frutos secos (-0,395); 3) Patrón occidentalizado que incluye snacks (0,658), bebidas endulzadas (0,543) y con correlación negativa con frutas y verduras (-0,409) y frutos secos (-0,484); 4) Patrón azúcares conformado por azúcar y panela y postres y dulces (>0,64) y bebidas endulzadas (0,404)

Tabla 1.28. Matriz de carga factorial para patrones dietéticos en población adulta universitaria N = 53 individuos.

	Tradicional	Cereales, huevos, lácteos	Occidentalizado	Alimentos fuente de azúcares
Aves y derivados	0,633	-0,160	0,128	-0,184
Azúcar o panela	-0,058	0,142	-0,142	0,636
Frutas y verduras	0,390	-0,016	-0,409	0,240
Frutos secos	-0,298	-0,395	-0,484	0,057
Grasas	-0,073	-0,091	-0,063	0,044
Leche y derivados	-0,349	0,569	0,148	0,073
Leguminosas	0,636	-0,100	0,061	-0,201
Bebidas endulzadas	0,116	-0,120	0,543	0,404
Carnes rojas y derivados	0,661	0,017	-0,184	0,269
Cereales y derivados	0,567	0,568	-0,186	-0,015
Huevos	-0,116	0,790	-0,125	-0,014
Otras bebidas	-0,117	-0,045	0,203	-0,049
Pescados	0,061	-0,020	-0,108	-0,008
Postres y dulces	0,007	-0,085	0,101	0,651
Snacks	-0,202	-0,068	0,658	-0,050
Tubérculos, raíces y plátanos	0,774	-0,053	-0,131	0,094

Método de extracción: análisis de componentes principales. Se consideraron cargas factoriales por encima de 0,3. Varianza explicada: 43,08%. Índice Kaiser-Meyer-Olkin: 0,659

La figura 1.13 muestra el consumo de tres grupos de alimentos derivados del análisis de los componentes principales (ACP). El patrón dietético se estimó basado en la valoración de la ingesta dietética de grupos alimentos, expresada en raciones/día.



Las cargas factoriales > 0,3 se presentan a lo largo del eje X. El consumo dietético se tomó a partir de las raciones/día consumidas por cada individuo.

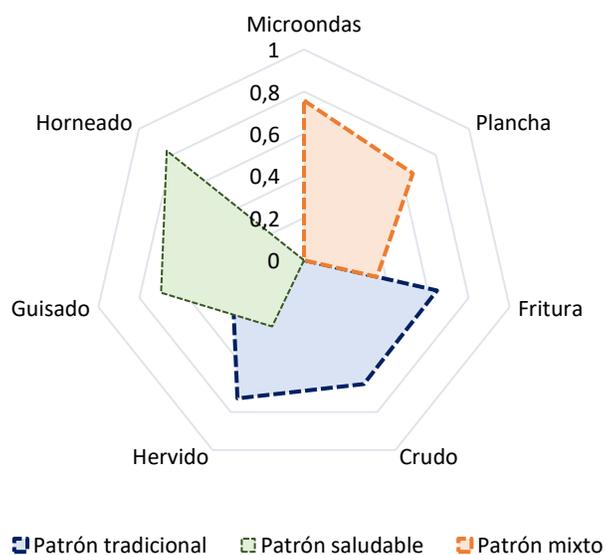
Figura 1.13. Gráfico radial con grupos de alimentos de la dieta de un grupo de universitarios del programa de Nutrición y Dietética de Colombia (53)

Los patrones de tratamiento culinario fueron derivados a partir de las frecuencias de uso estimadas para cada método de cocción. La tabla 1.29 presenta las cargas factoriales de tres patrones encontrados: el patrón tradicional conformado por hervido, fritura, guisado y alimentos sin procesar; el segundo patrón que incluye hervido, horneado y guisado; el tercer patrón que agrupa el microondas, la plancha y la fritura. La figura 1.14 muestra el gráfico radial con las técnicas culinarias de la dieta de los universitarios

Tabla 1.29. Matriz de carga factorial para patrones de tratamiento culinario en población universitaria adulta colombiana. N = 53 individuos.

	Patrón tradicional	Patrón saludable	Patrón mixto
Hervido	0,728	0,349	0,049
Microondas	-0,265	-0,184	0,758
Horneado	-0,151	0,833	0,056
Plancha	0,234	0,178	0,660
Fritura	0,647	-0,123	0,355
Guisado	0,350	0,695	-0,081
Crudo	0,653	-0,003	-0,221

Método de extracción: análisis de componentes principales. Se consideraron cargas factoriales por encima de 0,3. Varianza explicada: 60,3%. Índice Kaiser-Meyer-Olkin: 0,600



Las cargas factoriales > 0,3 se presentan a lo largo del eje X. La práctica de cocción se consideró a partir de la frecuencia/día según preparaciones consumidas por cada individuo.

Figura 1.14. Gráfico radial con técnicas culinarias de la dieta de un grupo de universitarios del programa de Nutrición y Dietética de Colombia (53)

III. 1. 3. DISCUSIÓN

A. ESCENARIO ENSIN 2015

La identificación de las características de la alimentación de una población y el reconocimiento en su dieta de componentes que pudiesen representar riesgos para la salud, como la acrilamida, son acciones necesarias para promover el consumo de una alimentación saludable y la adopción de prácticas orientadas a su mitigación y control. En razón a ello, este trabajo analizó la dieta colombiana a nivel nacional, regional y local. Concretamente se identificaron los grupos de alimentos, las preparaciones, los tratamientos culinarios y la cantidad, variedad y frecuencia de consumo.

Las características sociodemográficas determinan en gran medida la alimentación de la población e influyen en los comportamientos alimentarios de las poblaciones. (López-Espinoza *et al.*, 2011) (Schnettler M. *et al.*, 2010) (FAO/PMA, 2018). Colombia es un país con una extensión de 1.141.748 km² con 48.258.494 de habitantes (51,2% de sexo femenino). La mayor parte de la población tiene entre 18 y 64 años (68,8%) y predominan los mestizos y blancos (87,6%) sobre la comunidad NARP (6,8%) e indígenas (4,3%). La población se concentra en las regiones de mayor desarrollo económico: Bogotá y Central. En los últimos años se ha incrementado la migración de la población de las zonas rurales a las zonas urbanas (77,1% de la población vive en zonas urbanas) (DANE, 2018). Las cifras de pobreza para el 2020 fueron altas (42,5% vive en situación de pobreza) (DANE, 2022). Estas características son similares a las encontradas en la muestra de adultos procedentes de ENSIN, 2015 estudiada (N=1464) y que incluyó predominantemente personas de sexo femenino (79,9%); edad promedio de 36±12 años; mayor cantidad de mestizos y blancos (82,7%), mayor población asentada en zona urbana (74,5%) y alto porcentaje de personas que se ubican en el cuartil más bajo de riqueza (1º cuartil) (45.5%).

El alto grado de mestizaje en Colombia y la coexistencia de grupos étnicos explican la variedad de alimentos y preparaciones que se han generado como consecuencia de las interacciones culturales. Por su parte, las altas tasas de urbanización, que a su vez se relacionan con una mayor participación de la mujer en el mercado laboral, menos tiempo disponible para la preparación de comidas en casa y mayor acceso a comidas rápidas podrían estar asociadas con los cambios en los patrones de alimentación tradicionales. Por último, el hecho de que la mitad de la población se encuentre en el cuartil de mayor pobreza, los hace más vulnerables a condiciones de malnutrición, porque no pueden acceder a alimentos saludables o acceden a los más económicos, que no necesariamente tienen los mejores perfiles nutricionales (FAO/PMA, 2018).

La información de consumo de este estudio procede de población adulta (18-64 años) a la que se le realizaron dos recordatorios de 24h (2R24h) en la encuesta ENSIN, 2015. Este aspecto es importante ya que, los estudios publicados muestran que el recordatorio de 24 horas, aplicado dos o más veces, se constituye en el método más apropiado para los estudios de dieta y nutrición, especialmente en poblaciones de bajos ingresos porque pueden usarse para describir la ingesta dietética habitual en encuestas de consumo de alimentos, a diferencia de otros métodos como los cuestionarios de frecuencia que, aunque recogen información de consumo, los resultados suelen no ser comparables y tener amplios sesgos (Vucic *et al.*, 2009). Disponer de dos días de consumo dietético de cada

individuo, disminuye la varianza intraindividual de las distribuciones de ingesta, se obtiene una mejor aproximación a la ingesta habitual y, por ende, se generan patrones dietarios más consistentes (Ferrari, 2013).

La caracterización de los grupos de alimentos consumidos y las técnicas culinarias empleadas frecuentemente en el hogar son aspectos de interés en este estudio porque estos factores están directamente relacionados con la formación de contaminantes generados por la aplicación de calor, en este caso, la acrilamida (EFSA, 2015). En razón a ello, uno de los criterios de inclusión, para la conformación de la población de estudio, fue la consideración de individuos que hubiesen declarado, en sus recordatorios, el consumo de alguna preparación de procedencia casera o doméstica; es decir que hubiese sido elaborada en el hogar. Esto, con el fin de focalizar la población de estudio y facilitar la identificación de las preparaciones de mayor interés.

La derivación previa de patrones, a partir de las poblaciones que incluían a individuos, de todos los grupos de edad (0-64 años), con un recordatorio (N=34122), y de individuos adultos (18-64 años), con un recordatorio (N=10250) corroboraron la selección del grupo de población de adultos con 2R24h. Más concretamente, los patrones obtenidos a partir de la información de un único R24h tendían a ser similares a los encontrados en la población de estudio más restringida de los 2R24h(N=1464), si bien se denotaron algunas diferencias como patrones menos definidos; es decir algunos grupos de alimentos podrían aparecer en diferentes componentes dificultando la identificación de un patrón definido, así como de patrones representativos de los hábitos dietéticos de la población colombiana.

Las tasas de consumidores y no consumidores presentadas muestran que altos porcentajes de población refirieron consumir, durante ambos días, principalmente alimentos fuentes de energía como cereales y derivados; tubérculos, raíces y plátanos; grasas y aceites; dulces, azúcar y/o panela. El intervalo de personas que refirieron consumir frutas y verduras fue relativamente alto, entre un 93-99%, aunque se sabe que el porcentaje de adultos que consumen alimentos de este grupo está alrededor del 79% y la frecuencia de consumo (2,4 veces/día)(ICBF, 2020) es inferior a la recomendación de la OMS (400 g o 5 porciones de 80g/día)(OMS, 2004). En los resultados encontrados en este trabajo posiblemente influyó el hecho de que en esta información se incluyeran alimentos de consumo diario como son los jugos de frutas en agua endulzados con azúcar o panela y las verduras adicionadas a guisos (tomate y cebolla). Platos elaborados con hortalizas como ensaladas, verduras cocidas, verduras salteadas o menestras no se reflejan frecuentemente en cantidades significativas en la información consultada. Por otro lado, la encuesta ENSIN une las frutas y hortalizas, en un solo grupo, probablemente debido a que no constituyen por si solos platos esenciales del menú. En un nivel medio, se consumieron alimentos fuente de proteína como carnes rojas, carnes de aves y derivados, huevos y leguminosas, y en un nivel muy bajo aparecen reportes de pescados y frutos secos. El consumo de alimentos comerciales ultraprocesados como snacks y bebidas endulzadas también fueron referidas, lo que evidencia la presencia de alimentos no tradicionales en la dieta. Estos hallazgos guardan concordancia con lo reportado en la ENSIN, 2005 donde se indica que la dieta de los colombianos es desbalanceada, centrada en el consumo de

alimentos fuente de carbohidratos, en especial, en los grupos de población con menores ingresos y/o de asentamiento rural (ICBF, 2005).

De acuerdo con la encuesta ENSIN 2015, los 10 alimentos más consumidos por los adultos colombianos, entre 18 y 64 años, fueron arroz, aceite, patata, pan, cebolla, huevo, carne de res, leche, tomate, plátano y azúcar, con algunas diferencias en su posición, dependiendo de las particularidades de las regiones (ICBF, 2020b). Estas variaciones, así como las diferencias culturales, climáticas, hábitos de consumo y de disponibilidad de alimentos, podrían explicar las diferencias encontradas en las tasas de consumo a nivel regional.

Los patrones dietéticos obtenidos a través del ACP fueron dos: “patrón tradicional” y “patrón occidentalizado”. El patrón tradicional recoge grupos de alimentos como cereales y derivados, frutas y verduras; tubérculos, raíces y plátanos; grasas y aceites; azúcar o panela, huevos, carnes rojas, leche y derivados, leguminosas, aves y derivados y el grupo otras bebidas (café o chocolate) y por sí solo explica el 36,5% de la varianza total. Este patrón claramente se corresponde con los patrones tradicionales latinoamericanos ricos en carbohidratos complejos, micronutrientes y fibra (Bermudez & Tucker, 2003).

Se le denominó patrón tradicional en razón a que incluye alimentos básicos que han constituido la dieta colombiana desde épocas precolombinas y porque cumple con las características que definen los alimentos tradicionales como son la transmisión del hábito de consumo de generación en generación en cuanto a conocimientos, técnicas o prácticas empleadas en su preparación; uso de materia prima, generalmente local y atributos de una significación simbólica e identidad para el grupo que los consume (Rocillo-Aquino *et al.*, 2021). También incluye otros alimentos de consumo frecuente como grasas y aceites, frutas y verduras, huevos, aves y derivados y leche y derivados. Al contrastar los grupos de alimentos que se han retenido en este patrón con lo reportado en la encuesta ENSIN, 2015, se puede observar que forman parte de los alimentos de mayor consumo de la población adulta.

La transición nutricional y demográfica, propia de los países latinoamericanos, han generado procesos de transformación de los patrones tradicionales de consumo de alimentos hacia patrones occidentalizados; no obstante, en este momento, dependiendo de la región, las condiciones socioeconómicas y las características de la oferta de alimentos se encuentran países donde se identifican ambos patrones (B. M. Popkin & Reardon, 2018)(Bojorquez *et al.*, 2015).

El segundo patrón es el occidentalizado el cual explica el 8,34% de la varianza total. Se le llamó occidentalizado porque esta denominación es la usada para referirse a patrones que demuestran cierta tendencia a alejarse del consumo de la alimentación tradicional y a una mayor ingesta de grasa, carnes rojas, carnes procesadas, patatas fritas, productos lácteos altos en grasa y consumo de granos refinados, así como la baja ingesta de fibra y carotenoides (Jacobs & Steffen, 2003)(Kant, 2004) (Ciprián *et al.*, 2013). Específicamente en este estudio, forman parte de este patrón, entre otros alimentos, bebidas endulzadas, postres y dulces, carnes rojas y snacks o alimentos de paquete, que ofrecen una mayor sensación de saciedad pero que están asociados con patrones irregulares de comidas y tienden a constituirse en refrigerios poco saludables, ricos en energía, azúcar y sal y

con bajo aporte de nutrientes (Almoraie *et al.*, 2021). Se ha encontrado que las características de este patrón combinadas con factores ambientales poco saludables, predisposición genética y estilos de vida sedentarios propician el desarrollo enfermedades crónicas o degenerativas.(Jacobs & Steffen, 2003), (Cordain *et al.*, 2005),obesidad(Mu *et al.*, 2017), enfermedad cardiovascular (Cespedes & Hu, 2015)(Shan *et al.*, 2020), cáncer(Tumas *et al.*, 2014) y menor adecuación nutricional (Serra-Majem *et al.*, 2009).

La asociación del consumo de patrones occidentalizados con enfermedades crónicas ha sido abordada en los últimos años en estudios realizados con población colombiana. En el estudio ELANS se refiere el consumo elevado de carnes rojas sin procesar ($71.07 \pm 29,9$ g/d), así mismo se evidencia que un porcentaje importante de energía deriva del consumo de grasas trans y grasas saturadas y es de los más altos en comparación con algunos otros países de Latinoamérica (Sales *et al.*, 2019). Esto es de gran relevancia si se tiene en cuenta que el 56,4% de la población en Colombia presenta problemas de exceso de peso y este representa un importante factor de riesgo para enfermedades cardiovasculares, hiperlipidemias y diabetes mellitus (INS, 2018).

Estudios de patrones realizados en Latinoamérica han reportado patrones similares; por ejemplo, en México se realizó un estudio con una muestra representativa de mujeres adultas (N=2345) con edades que oscilaban entre 18 y 65 años y cuya información de ingesta dietética se recolectó mediante un cuestionario de frecuencia de consumo a partir de la cual se identificaron tres patrones dietéticos, relacionados con tres momentos de la transición nutricional y el estatus socioeconómico de las participantes (Bojorquez *et al.*, 2015). Estos patrones fueron denominados “tortillas” (tradicional), “hamburguesas” (moderno) y “verduras” (saludable). En relación con los patrones hallados en este estudio se encontraron similitudes entre patrones; por ejemplo, el patrón tradicional identificado para la muestra colombiana es equivalente con el patrón tortillas, ambos incluyen alimentos tradicionales de cada país entre los que se encuentran cereales y derivados, leguminosas, huevo, leche y derivados. Por su parte el patrón occidentalizado es equivalente al patrón “hamburguesas”, ambos incluyen alimentos como carnes y derivados, cereales, snacks, bebidas endulzadas y postres y dulces. Es importante anotar que la muestra de la investigación mexicana estaba conformada por mujeres y que en el caso de este estudio el 79,9% de la muestra eran mujeres.

En dos estudios realizados en Colombia, a partir del análisis de los datos de la ENSIN, 2010; uno para población infantil de 5-17 años (N=10187) y otro para adultos de 18-64 años (N=5217), (Ocampo T. *et al.*, 2014)(Herrán *et al.*, 2016) se utilizó un cuestionario de frecuencia de consumo de 30 alimentos o grupos. Se obtuvieron como resultado tres patrones: Proteico/Fibra (frutas en jugo, leche, queso, crudas y cocidas verduras, frutas enteras, pan, arepa o galleta, alimentos integrales, pollo, gallina, morcilla, mantequilla y alimentos bajos en calorías), Bocadillo/Snack (alimentos en paquete, golosinas y dulces, comida rápidas o embutidos, gaseosas o refrescos) y Tradicional/Almidón(panela azúcar y miel, arroz o pasta, alimentos fritos, granos secos, tubérculos o plátano, huevos, carne de res , chigüiro, curí, café o te o menudencias). Al comparar estos patrones con los de este estudio, derivados a partir del análisis de los recordatorios de 24 horas de la ENSIN, 2015 se encuentran que el patrón tradicional incluye algunos alimentos del patrón proteico/fibra y tradicional/almidón,

mientras que el patrón occidentalizado se asemeja al de bocadillo/snack por cuanto incluye bebidas endulzadas, postres y dulces, snacks; sin embargo, la comparabilidad de los hallazgos es limitada debido a que los patrones obtenidos por frecuencias de consumo pueden inducir a generalizaciones y sesgos en información y los obtenidos a partir de recordatorios permiten obtener información más detallada de consumo. Por otra parte, los datos derivados de los dos estudios en mención hacen referencia a los datos de la encuesta aplicada en el 2010 mientras que en este estudio se utilizó la información recolectada en la ENSIN, 2015.

El patrón occidentalizado determinado en este estudio se ratifica con los datos aportados por otras investigaciones recientes. En este orden, un estudio refirió la disminución de la calidad de la dieta en Colombia desde el 2005, evaluada con el índice Alternative Healthy-Eating Index (AHEI), especialmente entre los grupos de población más vulnerables. Esto debido al incremento del consumo de bebidas azucaradas, jugos, carnes rojas y procesadas, grasas trans, sodio y alcohol(Mora-García *et al.*, 2020).

La realización de una derivación del patrón, ingresando variables binarias (grupos de alimentos consumidos y no consumidos), se hizo para disminuir sesgos que posiblemente estuvieran aportando al modelo los grupos de alimentos que tenían gran número de personas que no los consumían; por ejemplo, frutos secos, pescados. Esto se hizo en consideración a que investigaciones previas, relacionadas con establecer las formas más adecuadas de cuantificar las variables de entrada en las metodologías de ACP, así lo recomiendan para disminuir sesgos de asimetría de la información y aportar robustez (Smith *et al.*, 2013). Se seleccionaron dos componentes que explicaban el 54,02% de la variación de la muestra. Los valores de las cargas factoriales del patrón uno se incrementó, y, por tanto, incrementó el porcentaje de la varianza explicada aportada de 36,5% al 47,01%. Los componentes que se generaron con las variables de entrada binaria comparten similitudes parciales con respecto a los componentes obtenidos al ingresar raciones/día, ajustado con porciones estándar. En concreto, las bebidas endulzadas y los pescados quedaron incluidos en el patrón tradicional, en tanto que el grupo de cereales y derivados no quedó incluido en el patrón occidentalizado.

Los patrones de tratamiento culinarios identificados permiten establecer los métodos de cocción más empleados, a partir de los 5 tipos de tratamientos valorados (hervido, microondas, horneado, plancha, fritura y guisado) en la población estudiada: población total (N=34122), población consumidora de alimentos de procedencia casera (N= 26468) y población adulta 2R24h (N=1464). Los patrones derivados fueron similares para todas las poblaciones. En todas ellas se identificó un patrón de cocción tradicional conformado principalmente por los métodos de hervido y fritura. En la población de adultos este patrón adicional incluyó, además de los métodos mencionados, el patrón a la plancha. Así mismo, para todos los grupos se identificaron otros dos patrones que resultaron convergentes y que estaban conformados por las técnicas de horneado y/o plancha. El uso de microondas aparece en los tres grupos.

Existen investigaciones que describen los patrones de tratamiento culinario y los hábitos de alimentación de grupos poblacionales(Adriano *et al.*, 2021) (Reicks,2014), en diferentes países; sin

embargo, esta es la primera vez que se reporta un estudio de este tipo a partir de los datos obtenidos por la ENSIN 2015.

Los patrones de tratamientos culinarios obtenidos para la población total (N=34122) fueron tres. El primer patrón se denominó “Procesado tradicional” porque incluía los métodos de cocción más comunes en las preparaciones típicas colombianas. A pesar de los cambios acaecidos en las últimas décadas, en Colombia aún persiste el consumo de comidas tradicionales ya sea elaboradas en casa u ofrecidas en servicios de restauración. Las preparaciones de consumo frecuente en el país son realizadas principalmente usando métodos de hervido (sopas tradicionales, cocidos, tamales, arroces, verduras) y frituras (buñuelos, arepas, empanadas, croquetas, arepuelas, *carnes*, huevos, patatas, plátanos). El consumo de estas preparaciones es ampliamente reportado en las bases de datos de ENSIN, 2015; aunque no se cuenta con la información referente a la frecuencia de uso de los métodos; excepto para los fritos. Es destacable que este patrón del “procesado tradicional” estuvo presente en todas las poblaciones de estudio ENSIN que se han explorado en este trabajo.

El segundo patrón, “Procesado alternativo 1” incluyó alimentos cocidos a la plancha, horneados y crudos lo cual podría corresponder a un grupo de personas que cuentan con menor disponibilidad de tiempo o que no tienen habilidades para preparar preparaciones más elaboradas. Por último, el patrón denominado como de “Procesado alternativo 2” que utilizan el horno convencional y el microondas para el tratamiento térmico de sus alimentos. En el contexto colombiano esto se encuentra asociado a un mayor consumo de comidas listas para ingerir que principalmente requieran un proceso rápido de calentamiento. Ambos patrones de “procesado alternativo” tendían a compartir características comunes entre las poblaciones de estudio; posiblemente se trate de un mismo patrón con connotaciones diferentes según se tratase de la población total, de la población consumidora de preparaciones caseras, o de la población que aportó información de dos recuerdos de 24 horas.

Al contrastar los patrones de tratamientos culinarios con los encontrados en un estudio realizado en Brasil, en el que se buscaba identificar la relación entre prácticas culinarias de una población de padres y el consumo de alimentos ultraprocesados en sus hijos, se encontró que para tal estudio se identificaron tres patrones: el “saludable”, el “usual” y “conveniencia”. En relación con este estudio se encuentran similitudes con los patrones identificados para la población colombiana; así, el patrón “procesado ligero o sin procesar” fue similar con el que ellos denominaron saludable y se encontró inversamente asociado al consumo de alimentos ultraprocesados. El patrón “alternativo” se relaciona con el patrón de “conveniencia” que incluía el uso de microondas y platos preparados. Por su parte el patrón “tradicional” se relaciona con el patrón “usual” que incluía mayor habilidad para la preparación de alimentos, aplicación de métodos como el salteado, el estofado, la fritura y la cocción en olla de presión.(Adriano et al., 2021).

Cuando se derivaron patrones considerando los tratamientos culinarios usados por la población que consumía alimentos de origen casero; es decir que consumía alimentos preparados en el hogar (N=26468) se obtuvo un modelo con menor adecuación a los datos, KMO=0,542 y una varianza explicada de 33,72%. Los patrones obtenidos fueron un patrón de “Procesado tradicional” que correspondía con el de la población general pero al que se le adicionaba el consumo de alimentos

crudos. El patrón de procesamiento alternativo 1 que incluía un grupo de personas que tenían afinidad con métodos como la plancha y el horneado pero que tenían una fuerte asociación negativa con la fritura (carga factorial=-0,427). Este segundo patrón tiene métodos más afines con comportamientos culinarios más saludables. Por último, aparece un tercer componente, con un elemento único, el microondas (carga factorial=0,859) que puede hacer relación con un grupo de individuos que no cocina, hace calentamiento de los alimentos con microondas pero que, aunque con valores de carga bajos, pareciera tener asociaciones negativas con el hervido (-0,074), la plancha (-0,157) y el guisado (-0,287). Ambos patrones de procesamiento alternativo recogen métodos de procesamiento que, aunque con menor frecuencia, son utilizados.

La derivación de patrones de tratamiento culinario, para población adulta colombiana (2R24h). ENSIN, 2015 (N=1464 individuos) aportó un modelo con buena adecuación de datos (KMO=0,722). La varianza explicada con estos tres componentes es de 44,5%. En este modelo se generaron el “patrón tradicional” que incluye los métodos tradicionales hervido y fritura, a la plancha y crudo. Con menor carga, horneado y guisado. Esto es explicable dado que la carga de responsabilidades durante la edad adulta afecta, en muchos casos, a los hábitos alimentarios, y aunque se conservan los métodos tradicionales de hervido y fritura, se alternan con consumo de alimentos crudos o de procesado rápido como la plancha, los cuales favorecen el consumo de alimentos en un contexto en el que se suele tener menor tiempo para alimentación, más comidas fuera del hogar, mayor consumo de alimentos procesados y menor ingesta de comidas preparadas en casa (ICBF, 2020).

El segundo patrón corresponde al “patrón alternativo 1” que incluiría a personas adultas con prelación a preparar sus alimentos mediante el uso del horno, y con menor carga a la plancha, pero con asociación negativa al consumo de preparaciones guisadas (-0,755). Finalmente, al igual que con el grupo de consumidores de comida casera, en población total, un tercer componente permite identificar un grupo de individuos con una carga factorial alta asociada al uso de microondas (0,967). Este tercer grupo puede hacer referencia a individuos que prefieren calentar su alimentación en este tipo de electrodoméstico independientemente de su procedencia. De igual manera, que para la población general, los patrones alternativos, recogen métodos de cocción que son menos frecuentes pero que representan el procesamiento de un grupo de población.

Las preparaciones de tipo casero elaboradas en Colombia y que fueron reportadas en ENSIN, 2015 son variadas. La mayor parte de las preparaciones se elaboran con los alimentos hallados en el patrón dietético tradicional y son elaboradas con los métodos encontrados en el patrón tradicional de la población total (hervido y fritura), aunque también, en menor proporción se encuentran preparaciones elaboradas a la plancha y horneadas. Al analizar las preparaciones más frecuentes y compararlas con los alimentos que la EFSA recomienda para el seguimiento de acrilamida se encuentra que las patatas fritas, las galletas y el café deben ser analizadas. Se observa que existen preparaciones que, por las características de las materias primas, su tipo de procesamiento culinario y consumo es importante que sean analizadas en sus contenidos de acrilamida. En este sentido arepas, plátanos fritos, panela y bebidas de chocolate se incluyeron como preparaciones priorizadas para su análisis en el laboratorio.

B. ESCENARIO COVIDiet COLOMBIA

El estudio COVIDiet Colombia tuvo como propósito evaluar el impacto del confinamiento, a causa de la pandemia por COVID-19, sobre los comportamientos alimentarios, tanto a nivel nacional y regional, de una muestra de conveniencia de población colombiana, conformada por individuos adultos (N=2745), principalmente por mujeres (73,1%). De la totalidad de individuos encuestados el 44% vivía en casa y el 53,7% en piso o apartamento; no tenían hijos o menores bajo su responsabilidad (60%). La mayoría de los participantes tenían nivel educativo universitario(43,5%) o de posgrado(33,5%); no declararon padecer alguna enfermedad(81,5%); con estado nutricional normal (58%) y con exceso de peso(39,6%), lo cual, aunque en menor grado, se correlaciona con la prevalencia de la población adulta con sobrepeso y obesidad a nivel Nacional (56,4%)(ICBF, 2020). Se encontraron diferencias regionales significativas, concretamente en género, menores a cargo, nivel educativo, edad, estado de salud e IMC.

Los resultados obtenidos permitieron, con una población colombiana de adultos similar a la caracterizada en el escenario ENSIN de este estudio (N=1464), establecer los grupos de alimentos de mayor importancia e identificar los cambios alimentarios, así como profundizar en la frecuencia de uso de los métodos de cocción y de técnicas culinarias. La determinación de hábitos alimentarios se realizó mediante la identificación de las tasas de consumidores y no consumidores, el reporte de la ingesta de alimentos durante el confinamiento y a partir de estos elementos la estimación de PD antes y durante el confinamiento.

Al analizar los grupos de alimentos consumidos (C) y no consumidos (NC) por los encuestados de dieta-COVID-19 por regiones se encuentra que la mayoría de la población de estudio (>90%) refirió que, durante el confinamiento, consumían regularmente cereales; productos de panadería y pastelería; tubérculos y plátanos, siendo estos grupos de alimentos los que conforman la mayor parte de las comidas. Según las guías alimentarias basadas en alimentos para la población colombiana mayor de dos años estos alimentos son los más consumidos en el país (ICBF & FAO, 2020).

Una proporción importante de esta población (>60%) también consumía carne de aves y carnes rojas y procesadas, huevos, leguminosas, frutas y verduras, leche y derivados, pescado, café y grasas, y aproximadamente la mitad de ellos consumía azúcar, panela y bebidas de panela, bebidas endulzadas, snacks, y bebidas alcohólicas. En conjunto, este perfil de consumo es levemente diferente a los reportados por las Encuestas Nacionales de Nutrición ENSIN (ICBF, 2020) y el Estudio Latinoamericano de Nutrición y Salud ELANS (Id *et al.*, 2019) del país. Por ejemplo, más del 70 % de los participantes del estudio consumieron pescado, en comparación con el 21 % de la población colombiana en el estudio ELANS (Kovalskys *et al.*, 2019).

También es destacable que hubo menos consumidores (entre el 36 y el 61%) de los grupos de alimentos con azúcares añadidos (postres y dulces, azúcar o panela, bebidas endulzadas, refrescos) que de alimentos básicos. En particular, solo el 61% refirió consumir azúcar o panela y el 52% consumió bebidas tradicionales de panela, conocidas como “agua con panela”. En esta población de

estudio, la prevalencia de consumidores de snacks también fue baja (40%). La ENSIN 2015 reportó una prevalencia de consumo de 93,3% para azúcar, miel o panela; de 54,1% para dulces y golosinas y de 51,3% para snacks. Las diferencias encontradas pueden deberse, en parte, al hecho de que la población estudiada incluía en su mayoría mujeres jóvenes de alto nivel educativo, posiblemente más propensas a elegir alimentos más saludables.

En lo referente a los comportamientos alimentarios de los encuestados COVIDiet se encontraron ciertas diferencias regionales significativas frente al picoteo, consumo de comidas rápidas, práctica de actividad física, ganancia de peso, frecuencia de comidas fuera de casa antes del confinamiento, ingesta de bebidas alcohólicas e ingesta de agua (p -valor $<0,05$). Las personas cocinaron más frecuentemente y consumieron más alimentos entre comidas, “picoteo” durante el confinamiento. Estos dos aspectos diferían significativamente entre las regiones.

El confinamiento también implicó un aumento en la práctica de la comida casera (59,3%) y una mayor compra de alimentos perecederos (50%), ambos posiblemente asociados a un mantenimiento o disminución (33,8%) en el consumo de comidas rápidas y bebidas carbonatadas, gaseosas, y refrescos con respecto al periodo anterior a los aislamientos. Sin embargo, cerca de la mitad de los participantes informó haber aumentado la frecuencia de los refrigerios, comer más y practicar menos actividad física durante el confinamiento.

Por el contrario, una alta proporción de participantes desconocía si había aumentado su peso (40 %) y solo el 22,3 % informó haberlo aumentado. En Colombia, la creciente prevalencia de sobrepeso y obesidad es motivo de gran preocupación por su asociación con enfermedades crónicas no transmisibles, que contribuyen significativamente a la morbilidad y mortalidad de la población adulta del país (ICBF, 2020), (Gil-Rojas *et al.*, 2019), (Jimenez-Mora *et al.*, 2020). De hecho, la prevalencia de sobrepeso y obesidad en adultos colombianos mayores de 18 años es de 34,6 y 16,5%, respectivamente, siendo estas tasas mayores en mujeres. En la población encuestada, estas proporciones fueron 30,5 y 9,1%.

Se destaca que durante el confinamiento por la COVID-19 se dio un mayor consumo de cereales y derivados; leguminosas, huevos, grasas y azúcar y panela y sus bebidas, y un menor consumo de pescado y frutos secos, como se refleja en los patrones dietarios previos al confinamiento en relación con los patrones adoptados durante el confinamiento. Estos cambios indican que durante el confinamiento se produjo una transición hacia el consumo de varios alimentos poco saludables (bebidas tipo refrescos y snacks). En todas las regiones se observó una tendencia general hacia un mayor consumo de cereales, huevos, grasas, azúcares y panela; no obstante, al comparar las variables de consumo, se encontraron diferencias significativas entre los patrones antes y durante el confinamiento.

Los procesos culinarios aplicados durante el confinamiento fueron reportados por los encuestados. El proceso más referido fue el hervido, seguido de la plancha. Sin embargo, la fritura también es ampliamente utilizada en la elaboración de platos de gastronomía colombiana y los principales aceites utilizados son el de girasol, soja, palma y mezclas de palma con otros aceites. La frecuencia diaria de frituras reportada por la encuesta ENSIN fue de 0,5 raciones/día (ICBF, 2020). Por el

contrario, para la población encuestada, durante el confinamiento, se declaró el consumo de fritos entre 1 y 3 veces a la semana por parte de más de la mitad de la población, mientras que un tercio de la población reportó consumirlos <1 vez o no consumirlos, esto sugiere que la población de estudio adoptó prácticas saludables de cocción. Estos hallazgos pueden estar relacionados con las características de comportamiento de la población de estudio.

El análisis del consumo reportado antes y durante el confinamiento permitió identificar tres PD principales antes del confinamiento: patrón de alimentos fuente de proteína, patrón de alimentos fuente de carbohidratos y patrón fuente de azúcares. En un estudio transversal de 37.667 personas de 5 a 64 años dentro de la encuesta ENSIN de 2010, también se identificaron tres PD: patrón tradicional/almidón, patrones de frutas-verduras/lácteos y patrón de snacks (Ocampo. *et al.*, 2014). En un estudio posterior sobre estos patrones según los datos de la ENSIN 2015(Quintero-Lesmes & Herran, 2019), se encontró que se mantenía la adherencia a estos tres patrones. Sin embargo, la adherencia a ellos fue menor en adultos (de 27 a 64 años) que, en niños, adolescentes y adultos jóvenes, lo que sugiere que los patrones fueron impulsados por la población más joven. Si bien la población de estudio referida en este escenario no es directamente comparable, ya que comprendía solo adultos, en su mayoría menores de 35 años, con altos niveles de educación y mujeres, y a pesar de que no coincidan en los años que fueron aplicadas las encuestas, los PD se parecían en cierta medida a los patrones derivados a partir de la encuesta ENSIN(Herrán *et al.*, 2016). Las diferencias en los comportamientos alimentarios posiblemente sean explicadas por los cambios en las políticas de importación de alimentos acaecidas en los últimos años en países latinoamericanos(FAO, OPS, 2017).

Las principales diferencias entre los patrones encontrados en nuestro estudio COVIDiet Colombia y los referidos derivados a partir de la encuesta ENSIN son tres. En primer lugar, el patrón rico en carbohidratos incluía frutas y verduras, leche y productos lácteos, cereales y tubérculos y plátanos, siendo este patrón similar a los patrones tradicional/almidón y frutas-verduras/lácteos planteados por Herrán(Herrán *et al.*, 2016). En segundo lugar, se identificó un PD adicional de alimentos ricos en proteínas, de los cuales algunos alimentos (carnes rojas, procesadas y grasas) se encontraban también en el patrón de snack en la ENSIN. Este patrón refleja el mayor consumo de carnes, huevos, pescados y grasas de nuestra población de estudio, ya que las ingestas de estos alimentos son adoptadas por aquellos de mayor nivel educativo. Por último, las bebidas azucaradas y los azúcares se agruparon en este estudio en el patrón azucarado, mientras que estos alimentos hacían parte del patrón de snack derivado a partir de la ENSIN. La adherencia a este patrón de snack pareció disminuir entre 2010 y 2015(Herrán *et al.*, 2019), lo que puede explicar la ausencia de este PD en este estudio. De hecho, solo el 40% de la población encuestada consumió snacks durante el confinamiento.

Es importante señalar que los patrones derivados a partir de la información ENSIN 2010 se obtuvieron mediante un cuestionario de frecuencia alimentaria que incluyó 30 alimentos. De manera similar el cuestionario implementado en esta investigación indagó sobre la frecuencia de consumo de 28 alimentos o grupos de alimentos, típicamente consumidos en Colombia. Adicionalmente, los patrones obtenidos a partir de ENSIN también mostraron variaciones regionales

con respecto a estos PD, especialmente en lo que respecta a los patrones frutas-verduras/lácteos y tradicional/almidón(Quintero-Lesmes & Herran, 2019).

Los patrones dietarios cambiaron durante el confinamiento. Se generó un PD menos saludable, de estilo occidentalizado. Este patrón fue más destacado en la región Central. Así mismo, se presentó un PD de pescado, frutas y verduras, que al parecer estaba más definido para Bogotá y que surgió a partir de la cuarta semana de confinamiento, periodo de Semana Santa, celebración religiosa que influye en los hábitos alimentarios de los colombianos ya que en esta época se incrementa el consumo de pescado. Posiblemente, durante el confinamiento esto se dio en las regiones en donde el acceso a los alimentos frescos no se afectó. Por otro lado, el patrón de alimentos fuente de proteínas y el patrón de alimentos fuente de carbohidratos se mantuvieron constantes, excepto que a este último se le adicionaron los grupos de azúcar o panela y bebidas endulzadas, mientras que el grupo frutas y verduras desapareció. En consecuencia, este estudio demuestra que durante la pandemia predominó el patrón dietario occidentalizado en Colombia. Este patrón es frecuente en países desarrollados, pero en Colombia, según los estudios realizados a partir de las encuestas ENSIN, en los últimos años, se ha producido una transición del patrón alimentario tradicional a uno occidentalizado, aunque con diferencias regionales(Herrán. *et al.*, 2015)(Quintero-lesmes & Herran, 2019). Esta transición nutricional va acompañada de cambios demográficos en el país, y ambas transformaciones influyen en el comportamiento alimentario(Kovalskys *et al.*, 2019).

La creciente prevalencia de sobrepeso y obesidad se ha atribuido a la adopción de hábitos alimentarios menos saludables por parte de la población (Popkin *et al.*, 2017). Este estudio revela que el patrón occidentalizado y el patrón de alimentos ricos en carbohidratos fueron los más predominantes durante el confinamiento. En general, las regiones Orinoquía y Amazonas, Central y Pacífica mostraron la mayor adherencia a estos patrones, mientras que Bogotá mostró la más baja. Por lo tanto, este resultado es consistente con lo ya expuesto. Adicionalmente, estos dos PD presentaban no solo el consumo de alimentos poco saludables, sino también de alimentos fritos o cocinados con diferentes tipos de aceite, así como bebidas azucaradas, panela y bebidas de panela.

En conjunto, el patrón occidentalizado se ha asociado, en varios estudios, con efectos perjudiciales para la salud y con el incremento del riesgo de desarrollar enfermedades crónicas (Malik, 2017;Lim *et al.*, 2012); entre las que se encuentran diabetes tipo 2, obesidad, síndrome metabólico y cáncer. El PD occidentalizado y algunos tipos de PD ricos en carbohidratos en su mayoría ricos en alimentos glucémicos, también se han asociado con un mayor riesgo de estas enfermedades. (Cordain *et al.*, 2005; Augustin *et al.*, 2015; Micha *et al.*, 2017). En el mismo orden de ideas es probable que tales PD afecten al estado nutricional e inmunológico de la población debido a su bajo contenido de nutrientes esenciales(Childs *et al.*, 2019;Venter *et al.*, 2020), lo que puede incrementar el riesgo de enfermedades infecciosas y cáncer. Este efecto negativo podría estar mediado por varios mecanismos a través del microbioma humano(Kalantar-Zadeh *et al.*, 2020). De hecho, una dieta sana y equilibrada está relacionada con la simbiosis microbiana intestinal, que a su vez juega un papel decisivo en la respuesta inmunitaria frente a virus, mientras que las PD no saludables conducen a la disbiosis microbiana subyacente a la inactivación de la respuesta inmunitaria del huésped (Kalantar-Zadeh *et al.*, 2020; Hu *et al.*, 2020). Además, varios estudios han afirmado que

los micronutrientes dietéticos con potencial antiinflamatorio e inmunomodulador son clave para prevenir la COVID-19 (Galmés *et al.*, 2020; Zabetakis *et al.*, 2020).

Los cambios adoptados en la preparación y cocción de alimentos, durante el confinamiento, se identificaron en cuatro patrones (referidos en la figura 1.11) los cuales tenían, en su mayoría, componentes únicos. Los patrones no compartían ningún método; a excepción del de guisado que aparece tanto en el patrón fritura como en el patrón de otros métodos de preparación. El patrón fritura agrupa individuos que elaboraban y consumían con mayor frecuencia alimentos fritos y que declaraban reutilización de los aceites de fritura. La fritura es un método donde se favorecen reacciones de oxidación, reacción de Maillard y polimerización que modifican las características de composición de los alimentos (Chang *et al.*, 2020), haciendo que pierdan agua, absorban grasa y desarrollen características que los hacen más palatables pero que también pueden llevar a un consumo excesivo por su carácter obesogénico (Guallar-Castillón *et al.*, 2007). Como se mencionó previamente la fritura es un método muy usado, pero no el más frecuente. El posicionamiento de la fritura en el primer patrón, durante el confinamiento, es un comportamiento relacionado con la occidentalización del patrón tradicional y preocupa porque Colombia es un país donde las enfermedades coronarias, hipertensión y neoplásicas constituyen las primeras causas de morbilidad de la población (Ministerio de Salud, 2021) y diversas investigaciones han reportado asociaciones positivas del consumo de alimentos fritos con mortalidad cardiovascular y cáncer (Sun *et al.*, 2019), hipertensión (Sayon-Orea *et al.*, 2014) y obesidad en sujetos con altos consumos de energía (Guallar-Castillón *et al.*, 2007). Este resultado es contrario a lo encontrado en otros contextos, como España, donde se presentó una reducción en la ingesta de frituras y una mayor adherencia a la dieta mediterránea (Rodríguez-Pérez *et al.*, 2020).

El segundo y tercer patrón (figura 1.11) describen a dos grupos de población que adoptaron comportamientos más saludables durante el confinamiento. En el segundo patrón, se encontraron individuos que continuaron la preparación de alimentos con métodos tradicionales, diferentes a la fritura, como asado a la plancha, hervido, horneado y guisado. Posiblemente este correspondía a individuos que continuaron con su patrón tradicional de cocción. El tercer patrón, describe a un grupo de individuos que adoptó prácticas de higiene más estrictas, preparó más alimentos en casa, compró más alimentos perecederos y destinó más presupuesto en la compra de alimentos. Estos comportamientos dan cuenta de un grupo de individuos que tenía mayor capacidad y recursos para implementar las recomendaciones sanitarias poblacionales.

El patrón cuatro, hace referencia a un grupo de individuos que incluyeron más comidas rápidas y alimentos listos para su consumo. Este grupo refirió un mayor uso de los métodos de horneado y microondas, los cuales se suelen utilizar para calentar tal tipo de alimentos. Este patrón se corresponde con el patrón occidentalizado y es contrario a lo reportado respecto al consumo de comidas rápidas en Europa durante el periodo de confinamiento (Molina-Montes *et al.*, 2021).

La investigación realizada presenta limitaciones a tener en cuenta. En primer lugar, la población encuestada no era representativa de la población colombiana dado que correspondía a una muestra seleccionada por conveniencia; por lo tanto, la extrapolación de los hallazgos a la población general es limitada teniendo presente que la mayoría de los encuestados eran adultos jóvenes y mujeres de

alto nivel educativo. Por otra parte, el tamaño de la muestra fue relativamente pequeño para algunas regiones, como en la Orinoquía y Amazonas, lo que implica limitaciones frente a la obtención de resultados significativos. Cabe señalar que se observaron PD similares en un subconjunto homogéneo de la población de estudio (360 sujetos de la misma edad, IMC y nivel educativo). En cuanto a las fortalezas, debe resaltarse que el cuestionario fue completado por todos los participantes; razón por la cual es poco probable que se haya presentado un sesgo de información. Además, en este estudio participó un gran número de sujetos de todas las regiones del país, lo que permitió obtener un estudio a nivel nacional y hacer comparaciones regionales. Por lo tanto, este fue el primer estudio que evaluó los comportamientos alimentarios relacionados con los procesos culinarios en Colombia, junto con los cambios en los DP durante el confinamiento por COVID-19.

C. ESCENARIO: POBLACIÓN UNIVERSITARIA COLOMBIANA

La identificación de las características de la alimentación del grupo de estudiantes universitarios colombianos, del grado de Nutrición y Dietética, tuvo como propósito la obtención de información de la ingesta de los principales grupos de alimentos y de la frecuencia de uso de los métodos de cocción para la generación de patrones dietéticos y de tratamiento culinario en un grupo focal de población conformado principalmente por mujeres universitarias jóvenes, que se encontraban cursando segundo año y que por tanto habían recibido formación en nutrición y alimentación saludable. Adicionalmente, un 75,5%, aún vivía con sus familias, condición que seguramente determinó algunas de las características de su alimentación.

Con respecto a los escenarios anteriores, donde se identificó el patrón nacional y se analizaron los patrones regionales, en este escenario, se pretendió profundizar en las características de la alimentación de una población, que por sus condiciones particulares estuviera más expuesta a cambios en su dieta, y reconocer el eventual efecto que tendría la formación en nutrición sobre algunos de sus comportamientos alimentarios.

La etapa universitaria es un periodo de transición de niñez a la edad adulta con cambios que afectan los estilos de vida y se consolidan los hábitos alimentarios futuros. Los jóvenes generalmente cambian sus dietas porque están más expuestos a influencias externas y tienen más autonomía para decidir sobre su alimentación (Yolcuoğlu & Kızıltan, 2021). La muestra de universitarios de este estudio, aunque residen en Bogotá, casi todos con sus familias (75,5%), proceden de diferentes regiones del país, condición que seguramente influye en sus comportamientos alimentarios. El 79,2% de los estudiantes presentaban un estado nutricional normal, pero el porcentaje restante presentaban bajo peso (9,4%) o exceso de peso (11,3%). La situación de encontrar en un mismo grupo poblacional deficiencia y exceso es común y se asocia con la doble carga nutricional, característica de Colombia (Z. Fonseca *et al.*, 2014).

La información sobre la ingesta de alimentos y bebidas consumidas durante tres días, dos ordinarios y uno de fin de semana, se hizo mediante el método de registro dietario al cual se le considera un

método prospectivo de alta validez y precisión para estudios epidemiológicos o en el ámbito clínico (Ortega *et al.*, 2015). Al ser estudiantes de nutrición y dietética los posibles sesgos y errores por dificultades en la descripción de alimentos se redujeron. Las tasas de consumidores y no consumidores de alimentos indican que la alimentación se basa en el consumo de cereales y derivados; tubérculos, raíces y plátanos y frutas y verduras; azúcar o panela y huevos. Los grupos de carnes rojas; aves y derivados y leche y derivados lácteos son también reportados, aunque en menor proporción. Los otros grupos son declarados por una menor cantidad de consumidores.

Los universitarios en su mayoría consumían cinco comidas al día, las tres principales y dos intermedias. La omisión de comidas en el día no era frecuente, pero algunos pocos referían como hábito no desayunar o no cenar. Las comidas eran sencillas, se constituían de dos a cinco alimentos y/o preparaciones y frecuentemente se acompañan de una bebida endulzada por azúcar o panela. Se identificaron dos tipos de desayunos; uno compuesto de leche o bebida caliente tipo café o chocolate; un alimento fuente de proteína, generalmente huevos o queso; y otro, fuente de carbohidratos pan o arepa y fruta y otro, más occidentalizado, constituido por leche o derivado lácteo con cereal para el desayuno. El almuerzo era el momento en que se encontraba mayor variedad de alimentos y preparaciones más elaboradas. Arroz o pasta; tubérculo, raíz o plátano y carne de res, cerdo o pollo frecuentemente conformaban la comida; con menos frecuencia, leguminosas como frijoles o lentejas, ensalada de verduras o sopa. Los jugos de frutas acompañaban tradicionalmente el almuerzo, aunque en algunos casos se sustituía por una bebida endulzada. Las medias mañanas y meriendas incluían café, yogur o té; queso, frutas, derivados de cereal, principalmente galletas, empanadas y amasijos tradicionales. La mayor cantidad de snacks y bebidas endulzadas se consumían durante las comidas intermedias. Las cenas eran las preparaciones que seguían un patrón menos regular; en algunos casos correspondían a comidas similares a desayunos o comidas intermedias y en otros casos a almuerzos, pero con menor cantidad de alimentos o preparaciones. La mayor parte de los estudiantes no reportaron el consumo de dulces y postres, algunos reportaron no endulzar sus bebidas y una gran mayoría reportó consumir leche deslactosada o reducida en grasa. A partir de estas descripciones se identifica que la dieta seguida por el grupo de estudiantes se caracteriza por el consumo habitual de alimentos de la población colombiana para ese grupo de edad, inclusión de alimentos ultraprocesados, a la vez que se refleja la influencia de su formación inicial como nutricionista dietista en algunos comportamientos como la moderación en el consumo de dulces y postres y un mayor consumo de frutas.

La comparación entre el número de raciones diarias consumidas por parte de los participantes respecto a la alimentación recomendada, establecida a partir de los lineamientos referidos por las guías alimentarias, muestra un menor consumo de cereales y derivados, leguminosas, postres y dulces; consumo apropiado de tubérculos, raíces y plátanos; frutas y verduras, leche y carnes. Se destaca mayor consumo de huevos y queso. En relación con el consumo de alimentos ultraprocesados, se encontró que su consumo era habitual y que correspondía a 2,4 raciones/día. De manera similar a lo hallado en un estudio de consumo de ultraprocesados, realizado para Colombia, a partir de los datos ENSIN 2005, los alimentos más consumidos fueron panes industrializados, bebidas endulzadas y snacks (Khandpur *et al.*, 2019). Es importante destacar que a estos alimentos se les atribuía un perfil nutricional menos saludable que los alimentos no

procesados y que para el 2005 estos alimentos aportaban el 15,9% de la ingesta diaria total de energía (Parra *et al.*, 2019), porcentaje que posiblemente se haya incrementado en los últimos años.

Los patrones dietéticos de los estudiantes universitarios se generaron a partir de la información de dieta recolectada. Se hallaron cuatro patrones que corresponden con lo previamente descrito. El primer patrón agrupa una serie de individuos que mantiene el consumo tradicional del país y que basan su alimentación en alimentos hidratos de carbono, frutas y verduras, y carnes; el segundo patrón describe a un grupo de estudiantes, posiblemente más preocupados por su alimentación o que practican algún deporte, que fundamenta su alimentación en cereales y derivados y alimentos nutritivos de bajo costo, fuente de proteína, como lo son huevos y leche; el tercer patrón evidencia los rasgos del proceso de occidentalización de la dieta en Colombia, que es más acentuado en niños, adolescentes y adultos jóvenes, en donde se prefieren alimentos de alta densidad energética y bajo valor nutricional como bebidas endulzadas y snacks, y se asocia a un escaso consumo de frutas y verduras. En ocasiones, este patrón es favorecido, por la venta en el entorno universitario de este tipo de productos, en presentaciones de bajo costo. El cuarto patrón, destaca una minoría de individuos, que mantienen hábitos poco saludables como el consumo de azúcares añadidos y postres y dulces. Dos de los patrones hallados son similares a los encontrados en esta tesis para la población general: tradicional y occidentalizado, siendo el patrón tradicional aquel que posee mayor variedad de alimentos y mayor equilibrio nutricional. Los otros patrones muestran dos tendencias de alimentación en el grupo; uno orientado hacia el consumo de una dieta más rica en proteínas y el otro a una más rica en azúcares simples.

La comparación de estos patrones con un estudio en población universitaria en el Reino Unido (Sprake *et al.*, 2018) muestra algunas convergencias; por ejemplo, para la población universitaria que tomo parte de dicho estudio también se identificaron cuatro patrones dietéticos principales: "vegetariano"; "snacking"; "consciente de la salud"; y "conveniencia, carne roja y alcohol". El patrón snacking presentó la mayor similitud al incluir bebidas endulzadas y snacks mientras que patrones claramente definidos como el vegetariano no tienen mayor representatividad para el grupo estudiado en Bogotá. Es interesante anotar que nuestro patrón tradicional muestra algunas similitudes con cuarto patrón encontrado en universitarios británicos en lo que respecta al consumo de carnes rojas, huevos, pasta o arroz. En el estudio del Reino Unido, al igual que en otra población universitaria (Cheema *et al.*, 2021), se identificó un patrón saludable que en este estudio, a pesar de que los participantes tenían formación en grupos de alimentos que se deben consumir con moderación, tamaños de raciones y dietas saludables, no se encontró claramente definido. Así mismo, patrones basados en modelos de alimentación alternativos como, por ejemplo, las dietas estrictamente vegetarianas no se encuentran en estudiantes bogotanos. Patrones universitarios, identificados en Brasil, fueron extraídos para cada comida: desayuno, almuerzo y cena. En el almuerzo se identificaron los patrones "tradicional", "occidentalizado" y vegetariano". Los dos primeros muestran coincidencia con este estudio (Fonseca *et al.*, 2021).

Los patrones de tratamiento culinario hallados fueron tres: tradicional, saludable y el mixto. El patrón tradicional contiene los métodos de hervido y fritura que de manera frecuente se han obtenido en los patrones derivados para toda la población colombiana, situación que refleja que la

preparación de sus alimentos está ligada a las técnicas tradicionales usadas a nivel familiar; no obstante, también se refiere un segundo patrón, “saludable” que incluye más métodos de cocción tipo hervido, horneado y guisado que muestra cierta tendencia a ser opuesto a las frituras (carga factorial -0,123). El tercer patrón o mixto refleja un grupo de individuos que dedican poco tiempo a la preparación de alimentos y optan por métodos como plancha, fritura y calentamiento de platos listos para consumo en microondas.

La identificación de comportamientos saludables de alimentación y preparación de los alimentos en algunos estudiantes del grupo de universitarios es un aspecto que muestra que la formación en nutrición y salud podría ser una estrategia, que complementada con acciones como una mayor oferta y acceso a alimentos saludables en las universidades y campañas de educación alimentaria y nutricional a nivel poblacional, impactaría de manera positiva la incorporación de hábitos saludables (Yolcuoğlu & Kızıltan, 2021)(Kresić *et al.*, 2009). Como lo muestran otros estudios, en Latinoamérica, es importante reconocer las características del ambiente alimentario universitario y reconocer los patrones con el fin de dar soporte a las estrategias para una alimentación saludable (L. B. Fonseca *et al.*, 2021).

III. 1.4 CONCLUSIONES

1. Se han identificado dos patrones dietéticos en la población adulta de Colombia, el patrón tradicional y el occidentalizado, acorde con los patrones dietéticos que se describen en poblaciones que se encuentran en procesos de transición nutricional.
2. Los patrones de tratamiento culinario que se han identificado muestran un predominio del uso de métodos tradicionales como la fritura y el hervido y, en ciertos grupos de población, métodos alternativos que implican una menor duración o temperatura, característico de comidas rápidas o listas para consumo.
3. Los alimentos hidrocarbonados (cereales y derivados, tubérculos y panela) constituyen los componentes principales del patrón de dieta tradicional en esta población, y son fuente de precursores para la formación de acrilamida.
4. En una encuesta de hábitos dietéticos en Colombia durante el confinamiento por COVID-19 se observó una variación en el consumo de determinados alimentos con respecto a la situación anterior al confinamiento, fundamentalmente relativo al consumo de cereales y derivados, y azúcares.
5. Entre el período de pre y posconfinamiento por COVID-19 se mantuvieron los patrones dietéticos tradicionales, pero también surgieron los patrones dietéticos occidentalizados. La adherencia a estos patrones fue diferente según regiones.
6. Durante el confinamiento por COVID-19 también se han identificado patrones culinarios, el de fritura, el de otros métodos de cocción y un patrón de métodos alternativos.

III. 1.5 BIBLIOGRAFÍA

- Abbott, P.C., Benjamin, T.J., Burniske, G.R., Croft, M.M., Fenton, M., Kelly, C.R., Lundy, M., Rodriguez Camayo, F., W. M. D. (2017). An Analysis on the Supply Chain of cacao in Colombia. *Análisis de La Cadena Productiva Del Cacao En Colombia*, November, 208.
- Abt, E., Robin, L. P., McGrath, S., Srinivasan, J., DiNovi, M., Adachi, Y., & Chirtel, S. (2019). Acrylamide levels and dietary exposure from foods in the United States, an update based on 2011-2015 data. *Food Additives and Contaminants - Part A Chemistry, Analysis, Control, Exposure and Risk Assessment*, 36(10), 1475–1490. <https://doi.org/10.1080/19440049.2019.1637548>
- Adriano, C., Calixto, G., Fernandes, M., Oliveira, B. De, Rauber, F., Castro, R. De, Thereza, M., & Bertazzi, R. (2021). “Healthy”, “usual” and “convenience” cooking practices patterns : How do they influence children’s food consumption ? 158(October 2020).
- AECOSAN. (2017). *Revista del Comité Científico de la AECOSAN*. 26(007), 29.
- Akkurt, K., Mogol, B. A., & Gökmen, V. (2021). Mitigation of acrylamide in baked potato chips by vacuum baking and combined conventional and vacuum baking processes. *Lwt*, 144(February), 1–8. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2021.111211>
- Al-Qahtani¹, F. A. e. al. (2017). Effects of alpha lipoic acid on acrylamide-induced hepatotoxicity in rats. *Cellular and Molecular Biology*, 51(1), 1.
- Almorai, N. M., Saqaan, R., Alharthi, R., Alamoudi, A., Badh, L., & Shatwan, I. M. (2021). Snacking patterns throughout the life span: potential implications on health. *Nutrition Research*, 91, 81–94. <https://doi.org/10.1016/J.NUTRES.2021.05.001>
- Álvarez Sánchez, D., & Chaves, D. M. (2017). El cultivo de trigo en Colombia: Su agonía y posible desaparición. *Revista de Ciencias Agrícolas*, 34(2), 125–137. <https://doi.org/10.22267/rcia.173402.77>
- Alyousef, H. A., Wang, H., Al-Hajj, N. Q. M., & Koko, M. Y. F. (2016). Determination of acrylamide levels in selected commercial and traditional foods in Syria. *Tropical Journal of Pharmaceutical Research*, 15(6), 1275–1281. <https://doi.org/10.4314/tjpr.v15i6.21>
- Amalie, C., Timmermann, G., Mølck, S. S., Kadawathagedara, M., Bjerregaard, A. A., Törnqvist, M., Brantsaeter, A. L., & Pedersen, M. (2021). *toxics A Review of Dietary Intake of Acrylamide in Humans*. <https://doi.org/10.3390/toxics9070155>
- Amrein, T.M., Limacher, A., Conde-Petit, B., Amadò, R., & Escher, F. (2006). Influence of thermal processing conditions on acrylamide generation and browning in a potato model system. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 54(16), 5910–5916. <https://doi.org/10.1021/jf060815c>
- Amrein, Thomas M, Bachmann, S., Noti, A., Biedermann, M., Barbosa, M. F., Biedermann-Brem, S., Grob, K., Keiser, A., Realini, P., Escher, F., & Amado, R. (2003). *Potential of Acrylamide Formation, Sugars, and Free Asparagine in Potatoes: A Comparison of Cultivars and Farming Systems*. <https://doi.org/10.1021/jf034344v>
- Andačić, I. M., Tot, A., Ivešić, M., Krivohlavek, A., Thirumdas, R., Barba, F. J., Sabolović, M. B., Kljusurić, J. G., & Brnčić, S. R. (2020). Exposure of the Croatian adult population to acrylamide through bread and bakery products. *Food Chemistry*, 322.

<https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2020.126771>

- Andres, S., Schultrich, K., Monien, B., Buhrke, T., Bakhiya, N., Frenzel, F., Abraham, K., Schäfer, B., & Lampen, A. (2017). Erhitzungsbedingte Kontaminanten in Lebensmitteln: Acrylamid, Furan und Fettsäureester von Monochlorpropandiolen und Glycidol. In *Bundesgesundheitsblatt - Gesundheitsforschung - Gesundheitsschutz* (Vol. 60, Issue 7, pp. 737–744). Springer Verlag. <https://doi.org/10.1007/s00103-017-2564-3>
- Arisseto, A. P., Toledo, M. C. de F., Govaert, Y., van Loco, J., Fraselle, S., Degroot, J. M., & Caroba, D. C. R. (2009). Contribution of selected foods to acrylamide intake by a population of Brazilian adolescents. *LWT - Food Science and Technology*, 42(1), 207–211. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2008.05.024>
- Arisseto, A. P., Toledo, M. C., Govaert, Y., Van Loco, J., Fraselle, S., Weverbergh, E., & Degroot, J. M. (2007). Determination of acrylamide levels in selected foods in Brazil. *Food Additives and Contaminants*, 24(3), 236–241. <https://doi.org/10.1080/02652030601053170>
- Augustin, L. S. A., Kendall, C. W. C., Jenkins, D. J. A., Willett, W. C., Astrup, A., Barclay, A. W., Björck, I., Brand-Miller, J. C., Brighenti, F., Buyken, A. E., Ceriello, A., La Vecchia, C., Livesey, G., Liu, S., Riccardi, G., Rizkalla, S. W., Sievenpiper, J. L., Trichopoulou, A., Wolever, T. M. S., ... Poli, A. (2015). Glycemic index, glycemic load and glycemic response: An International Scientific Consensus Summit from the International Carbohydrate Quality Consortium (ICQC). *Nutrition, Metabolism and Cardiovascular Diseases*, 25(9), 795–815. <https://doi.org/10.1016/j.numecd.2015.05.005>
- Bagdonaite, K., Derler, K., & Murkovic, M. (2008). *Determination of Acrylamide during Roasting of Coffee*. <https://doi.org/10.1021/jf073051p>
- Barón Cortés, W. R., Vásquez Mejía, S. M., & Suárez Mahecha, H. (2021). Consumption study and margin of exposure of acrylamide in food consumed by the Bogota population in Colombia. *Journal of Food Composition and Analysis*, 100. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2021.103934>
- Bassama, J., Brat, P., Bohuon, P., Hocine, B., Boulanger, R., & Günata, Z. (2011). Acrylamide kinetic in plantain during heating process: Precursors and effect of water activity. *Food Research International*, 44(5), 1452–1458. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2011.03.018>
- Bassama, J., Brat, P., Boulanger, R., Günata, Z., & Bohuon, P. (2012). Modeling deep-fat frying for control of acrylamide reaction in plantain. *Journal of Food Engineering*, 113(1), 156–166. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2012.04.004>
- Becerra, I. C., Díaz, A. M., García, E., Maluendas, A. V., Quintero, L. E., Reina, D., Ortigón, M., Samacá, H., & Viveros, J. S. (2019). Análisis situacional cadena productiva del arroz en Colombia. *Upra, MINAGRICULTURA*, 305. <http://ediciones.ucc.edu.co/index.php/ucc/catalog/download/33/35/212-1?inline=1>
- Bedoya-Ramírez, D., Cilla, A., Contreras-Calderón, J., & Alegría-Torán, A. (2017). Evaluation of the antioxidant capacity, furan compounds and cytoprotective/cytotoxic effects upon Caco-2 cells of commercial Colombian coffee. *Food Chemistry*, 219, 364–372. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2016.09.159>
- Bent, G. A., Maragh, P., & Dasgupta, T. (2012). Acrylamide in Caribbean foods - Residual levels and their relation to reducing sugar and asparagine content. *Food Chemistry*, 133(2), 451–457.

<https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2012.01.067>

- Bermudez, O. I., & Tucker, K. L. (2003). Trends in dietary patterns of Latin American populations. *Cadernos de Saúde Pública*, 19(suppl 1), S87–S99. <https://doi.org/10.1590/s0102-311x2003000700010>
- Bertuzzi, T., Martinelli, E., Mulazzi, A., & Rastelli, S. (2020). Acrylamide determination during an industrial roasting process of coffee and the influence of asparagine and low molecular weight sugars. *Food Chemistry*, 303. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.125372>
- Birlouez-Aragon, I., Morales, F., Fogliano, V., & Pain, J.-P. (2010). The health and technological implications of a better control of neoformed contaminants by the food industry. *Pathologie Biologie*, 58(3), 232–238. <https://doi.org/10.1016/j.patbio.2009.09.015>
- Blandino, M., Alfieri, M., Giordano, D., Vanara, F., & Redaelli, R. (2017). Distribution of bioactive compounds in maize fractions obtained in two different types of large scale milling processes. *Journal of Cereal Science*, 77, 251–258. <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2017.08.006>
- Bojorquez, I., Unikel, C., Cortez, I., & Cerecero, D. (2015). The social distribution of dietary patterns. Traditional, modern and healthy eating among women in a Latin American city. *Appetite*, 92, 43–50. <https://doi.org/10.1016/j.appet.2015.05.003>
- Borges, C. V., Maraschin, M., Coelho, D. S., Leonel, M., Gomez, H. A. G., Belin, M. A. F., Diamante, M. S., Amorim, E. P., Gianeti, T., Castro, G. R., & Lima, G. P. P. (2020). Nutritional value and antioxidant compounds during the ripening and after domestic cooking of bananas and plantains. *Food Research International*, 132(March 2019), 109061. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2020.109061>
- Céspedes, E. M., & Hu, F. B. (2015). Dietary patterns: From nutritional epidemiologic analysis to national guidelines. *American Journal of Clinical Nutrition*, 101(5), 899–900. <https://doi.org/10.3945/ajcn.115.110213>
- Chang, C., Wu, G., Zhang, H., Jin, Q., & Wang, X. (2020). Deep-fried flavor: characteristics, formation mechanisms, and influencing factors. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 60(9), 1496–1514. <https://doi.org/10.1080/10408398.2019.1575792>
- Cheema, S., Maisonneuve, P., Abraham, A., Chaabna, K., Yousuf, W., Mushannen, T., Ibrahim, H., Tom, A., Lowenfels, A. B., & Mamtani, R. (2021). Dietary patterns and associated lifestyle factors among university students in Qatar. *Journal of American College Health*, 0(0), 1–9. <https://doi.org/10.1080/07448481.2021.1996374>
- Chen, G., & Scott Smith, J. (2015). Determination of advanced glycation endproducts in cooked meat products. *Food Chemistry*, 168, 190–195. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2014.06.081>
- Chen, Y.-H., Xia, E.-Q., Xu, X.-R., Ling, W.-H., Li, S., Wu, S., Deng, G.-F., Zou, Z.-F., Zhou, J., & Li, H.-B. (2012). Evaluation of Acrylamide in Food from China by a LC/MS/MS Method. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 9(11), 4150–4158. <https://doi.org/10.3390/ijerph9114150>
- Chen, Y., Wu, Y., Fu, J., & Fan, Q. (2020). Comparison of different rice flour- and wheat flour-based butter cookies for acrylamide formation. *Journal of Cereal Science*, 95(May), 103086. <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2020.103086>

- Childs, C. E., Calder, P. C., & Miles, E. A. (2019). Diet and Immune Function. *Nutrients*, 11. <https://doi.org/10.3390/nu11081933>
- Choe, E., & Min, D. B. (2007). Chemistry of deep-fat frying oils. *Journal of Food Science*, 72(5). <https://doi.org/10.1111/j.1750-3841.2007.00352.x>
- Ciprián, D., Navarrete-muñoz, E. M., Garcia, M., Hera, D., & Giménez-monzo, D. (2013). *Patrón de dieta mediterráneo y occidental en población adulta de un área mediterránea ; un análisis clúster PATTERNS IN ADULT POPULATION OF A.* 28(5), 1741–1749. <https://doi.org/10.3305/nh.2013.28.5.6758>
- Claeys, W., De Meulenaer, B., Huyghebaert, A., Scippo, M. L., Hoet, P., & Matthys, C. (2016). Reassessment of the acrylamide risk: Belgium as a case-study. *Food Control*, 59, 628–635. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2015.06.051>
- Codex Alimentarius. (2009). *Código de Prácticas Reducción del contenido de acrilamida en los alimentos.*
- Comisión Europea. (2017). REGLAMENTO (UE) 2017/ 2158 DE LA COMISIÓN de 20 de noviembre de 2017 por el que se establecen medidas de mitigación y niveles de referencia para reducir la presencia de acrilamida en los alimentos. *Diario Oficial de La Unión Europea*, L304(6), 24–44. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/PDF/?uri=CELEX:32017R2158&from=en>
- Cordain, L., Eaton, S. B., Sebastian, A., Mann, N., Lindeberg, S., Watkins, B. A., & Keefe, J. H. O. (2005). *Origins and evolution of the Western diet : health implications for the.*
- DANE. (2018). *Estudios Poscensales. Censo Nacional de población y vivienda 2018.* <https://www.dane.gov.co/files/censo2018/estudios-poscensales/06-analisis-dinamica-intercensal-autorreconocimiento-NARP-UNFPA.pdf>
- DANE. (2022). *Pobreza monetaria.* <https://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/pobreza-y-condiciones-de-vida/pobreza-monetaria>
- David, C., & Tovar, G. (2013). Producción y procesamiento del maíz. *Revista Científica Guillermo de Ockham*, 11(1), 97–110.
- Delgado-Ospina, J., Lucas-González, R., Viuda-Martos, M., Fernández-López, J., Pérez-Álvarez, J. Á., Martuscelli, M., & Chaves-López, C. (2021). Bioactive compounds and techno-functional properties of high-fiber co-products of the cacao agro-industrial chain. *Heliyon*, 7(4). <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2021.e06799>
- Delgado, R. M., Aràmbula-Villa, G., Luna-Bàrcenas, G., Flores-Casamayor, V., Veles-Medina, J. J., Azuara, E., & Salazar, R. (2016). Acrylamide content in tortilla chips prepared from pigmented maize kernels | Contenido de acrilamida en frituras de tortilla preparadas a partir de máices pigmentados. *Revista Mexicana de Ingeniera Química*, 15(1), 69–78.
- Dimitrieska-Stojkovic, E., Angeleska, A., Stojanovska-Dimzoska, B., Hajrilai-Musliu, Z., Koceva, D., Uzunov, R., Ilievska, G., Stojković, G., & Jankuloski, D. (2019). Acrylamide content in food commodities consumed in North Macedonia and its risk assessment in the population. In *Journal of Food Quality and Hazards Control* (Vol. 6, Issue 3, pp. 101–108). <https://doi.org/10.18502/jfqhc.6.3.1383>
- Dunovská, L., Hajšlová, J., Čajka, T., Holadová, K., & Hájková, K. (2004). Changes of acrylamide levels

- in food products during technological processing. *Czech Journal of Food Sciences*, 22(SI-Chem. Reactions in Foods V), S283–S286. <https://doi.org/10.17221/10682-cjfs>
- EFSA. (2012). Update on acrylamide levels in food from monitoring years 2007 to 2010. *EFSA Journal*, 10(10), 1–38. <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2012.2938>
- EFSA. (2015). Scientific Opinion on acrylamide in food. *EFSA Journal*, 13(6). <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2015.4104>
- EFSA. (2019). Acrylamide toolbox 2019. *EFSA Journal*, 13(6), 1–68. <https://www.fooddrinkeurope.eu/resource/acrylamide-toolbox/>
- Eicher, A., Biedermann, M., Suter, G., Felder, F., Stalder, U., & McCombie, G. (2020). Exposure to acrylamide from home-cooked food : fried potatoes (rösti) in Switzerland as an example. *Food Additives & Contaminants: Part A*, 37(12), 2061–2069. <https://doi.org/10.1080/19440049.2020.1828624>
- El-Ziney, M. G., Al-Turki, A. A., & Tawfik, M. S. (2009). Acrylamide status in selected traditional Saudi foods and infant milk and foods with estimation of daily exposure. *American Journal of Food Technology*, 4(5), 177–191. <https://doi.org/10.3923/ajft.2009.177.191>
- FAO, OPS, O. (2017). Panorama de la Seguridad Alimentaria y Nutricional 2017. In *Panorama de la Seguridad Alimentaria y Nutricional 2017*. <https://doi.org/10.37774/9789275319727>
- FAO/OMS. (2005). *Nota de información INFOSAN No.2 2005/Acrilamida*.
- FAO/PMA. (2018). *PANORAMA DE LA SEGURIDAD ALIMENTARIA Y NUTRICIONAL*. <http://www.fao.org/publications/es>
- FAO/WHO. (2002). *Consultation on the health implications of acrylamide in food*. June, 21.
- FAO. (2002). La yuca. *Fao-Ciat*, 18.
- FAO. (2004). El Arroz y la Nutrición Humana. *Año Internacional Del Arroz, Cuadro 1, 2*. <http://www.fao.org/rice2004/es/f-sheet/hoja3.pdf>
- FAO. (2007). Panela production as a strategy for diversifying incomes in rural area of Latin America. *Agricultural Management, Marketing and Finance Service*, 6, 1–97. <http://www.fao.org/docrep/016/ap307e/ap307e.pdf>
- FAOSTAT. (2020). *Estadísticas de FAO*.
- FEDECAFE. (2011). *Sostenibilidad Sostenibilidad Acción*. 175.
- Fedepapa. (2020). *Informe trimestral de coyuntura económica del subsector papa. III trimestre-2020*.
- Ferrari, M. (2013). Estimación de la Ingesta por Recordatorio de 24 Horas. *Dieta*, 31(143), 20–25.
- Fonseca, L. B., Pereira, L. P., Rodrigues, P. R. M., Andrade, A. C. D. S., Muraro, A. P., Gorgulho, B. M., Pereira, R. A., & Ferreira, M. G. (2021). Food consumption on campus is associated with meal eating patterns among college students. *British Journal of Nutrition*, 126(1), 53–65. <https://doi.org/10.1017/S0007114520003761>
- Fonseca, Z., Ayala, D., Uribe, L. J., & Castaño, T. (2014). Aproximación a los Determinantes de la Doble Carga Nutricional en Colombia. *Boletín N°004, 004*, 52.

minsalud.gov.co/sites/rid/Lists/BibliotecaDigital/RIDE/VS/PP/SNA/Boletin-04-2014-Aproximacion-Determinantes-doble-carga-nutricional-colombia.pdf

- Food Standards Australia New Zealand. (2014). *Food Standards Australia New Zealand– 24th Australian Total Diet Study - 1778-FSANZ_AustDietStudy-web.pdf*. http://www.foodstandards.gov.au/publications/Documents/1778-FSANZ_AustDietStudy-web.pdf
- Fukagawa, N. K., & Ziska, L. H. (2019). Rice: importance for global nutrition. *Journal of Nutritional Science and Vitaminology*, 65, S2–S3. <https://doi.org/10.3177/jnsv.65.S2>
- Galmés, S., Serra, F., & Palou, A. (2020). Current state of evidence: Influence of nutritional and nutrigenetic factors on immunity in the COVID-19 pandemic framework. *Nutrients*, 12(9), 1–33. <https://doi.org/10.3390/nu12092738>
- García, J. M., Narváez, P. C., Heredia, F. J., Orjuela, Á., & Osorio, C. (2017). Physicochemical and sensory (aroma and colour) characterisation of a non-centrifugal cane sugar (“panela”) beverage. *Food Chemistry*, 228, 7–13. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2017.01.134>
- Gertz, C., & Klostermann, S. (2002). Analysis of acrylamide and mechanisms of its formation in deep-fried products. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 104(11), 762–771. [https://doi.org/10.1002/1438-9312\(200211\)104:11<762::AID-EJLT762>3.0.CO;2-R](https://doi.org/10.1002/1438-9312(200211)104:11<762::AID-EJLT762>3.0.CO;2-R)
- Gertz, Christian, Klostermann, S., & Kochhar, S. P. (2003). Deep frying: The role of water from food being fried and acrylamide formation. *OCL - Oleagineux Corps Gras Lipides*, 10(4), 297–303. <https://doi.org/10.1051/ocl.2003.0297>
- Gil-Rojas, Y., Garzón, A., Hernández, F., Pacheco, B., González, D., Campos, J., Mosos, J. D., Barahona, J., Polania, M. J., Restrepo, P., Lasalvia, P., Castañeda-Cardona, C., & Rosselli, D. (2019). Burden of Disease Attributable to Obesity and Overweight in Colombia. *Value in Health Regional Issues*, 20(40), 66–72. <https://doi.org/10.1016/j.vhri.2019.02.001>
- Gil, M., Ruiz, P., Quijano, J., Londono-Londono, J., Jaramillo, Y., Gallego, V., Tessier, F., & Notario, R. (2020). Effect of temperature on the formation of acrylamide in cocoa beans during drying treatment: An experimental and computational study. *Heliyon*, 6(2). <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2020.e03312>
- Göble, A., & Kliemant, A. (2007). The German minimisation concept of Acrylamide. *International Journal of Production Research*, 23(september), 1–36.
- Gökmen, V. (2016). Introduction: Potential Safety Risks Associated with Thermal Processing of Foods. In *Acrylamide in Food: Analysis, Content and Potential Health Effects* (pp. xxi–xxvi). <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-802832-2.02001-5>
- Gökmen, Vural, & Şenyuva, H. Z. (2007). Acrylamide formation is prevented by divalent cations during the Maillard reaction. *Food Chemistry*, 103(1), 196–203. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2006.08.011>
- Gómez-narváez, F., Mesías, M., Delgado-andrade, C., Contreras-calderón, J., Ubillús, F., Cruz, G., & Morales, F. J. (2019). Occurrence of acrylamide and other heat-induced compounds in panela : Relationship with physicochemical and antioxidant parameters. *Food Chemistry*, 301(March), 125256. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.125256>

- Granvogl, M., & Schieberle, P. (2006). Thermally Generated 3-Aminopropionamide as a Transient Intermediate in the Formation of Acrylamide. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 54(16), 5933–5938. <https://doi.org/10.1021/JF061150H>
- Guallar-Castillón, P., Rodríguez-Artalejo, F., Fornés, N. S., Banegas, J. R., Etxezarreta, P. A., Ardanaz, E., Barricarte, A., Chirlaque, M.-D., Dorronsoro Iraeta, M., Larrañaga, N. L., Losada, A., Mendez, M., Martínez, C., Quirós, J. R., Navarro, C., Jakszyn, P., Sánchez, M. J., Tormo, M. J., & González, C. A. (2007). Intake of fried foods is associated with obesity in the cohort of Spanish adults from the European Prospective Investigation into Cancer and Nutrition 1-3. In *Am J Clin Nutr* (Vol. 86). <https://academic.oup.com/ajcn/article-abstract/86/1/198/4633095>
- Herrán F., O. F., Del Castillo M., S., & Fonseca C., Z. Y. (2015). Snack intake and overweight among Colombian children. *Revista Chilena de Nutricion*, 42(3), 224–234. <https://doi.org/10.4067/S0717-75182015000300001>
- Herrán, O. F., Álvarez, D. C., & Quintero-Lesmes, D. C. (2020). Dietary patterns and breast cancer in Colombia: An ecological study. *International Health*, 12(4), 317–324. <https://doi.org/10.1093/INTHEALTH/IHZ085>
- Herrán, O. F., Patiño, G. A., & Castillo, S. E. Del. (2016). *La transición alimentaria y el exceso de peso en adultos evaluados con base en la Encuesta de la Situación Nutricional en Colombia, 2010*. 109–120.
- Herrán, O. F., Villamor, E., & Quintero-lesmes, D. C. (2019). *Adherence to a snacking dietary pattern is decreasing in Colombia among the youngest and the wealthiest: results of two representative national surveys*. 1–11.
- Hu, J., Zhang, L., Lin, W., Tang, W., & Chan, F. K. L. (2020). *probiotics, prebiotics and dietary approaches during COVID-19 pandemic*. January.
- IBM Corp. (2020). *IBM SPSS Statistics for Windows, Version 27.0*. Armonk, NY: IBM Corp. <https://www.ibm.com/support/pages/how-cite-ibm-spss-statistics-or-earlier-versions-sps#:~:text=IBM Corp.,Released 2020,-. IBM SPSS Statistics>
- ICBF. (2013). Hoja de Balance de Alimentos colombiana. Año 2010. In *Journal of Chemical Information and Modeling* (Vol. 53, Issue 9).
- ICBF. (2018). *Tabla de composición de alimentos colombianos (TCAC)*. <https://www.icbf.gov.co/bienestar/nutricion/tabla-alimentos>
- ICBF. (2020). *Encuesta Nacional de la Situación Nutricional en Colombia (ENSIN) 2015*. Bogotá D.C.: Instituto Colombiano de Bienestar Familiar.
- . ICBF & FAO. (2020). Guías alimentarias para la población colombiana. Mi plato saludable. Documento técnico. (Instituto Colombiano de Bienestar Familiar & Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, Eds.; 2da ed.). <https://www.minsalud.gov.co/sites/rid/Lists/BibliotecaDigital/RIDE/VS/PP/SNA/guias-alimentarias-basadas-en-alimentos.pdf>
- Id, I. K., Rigotti, A., Koletzko, B., Id, M. F., Herrera-cuenca, M., Corte, L. Y., Id, Z. Z., Del, A., Id, A., Pareja, R. G., Ye, C., Zonis, L., Previdelli, A. N., Guajardo, V., Moreno, L. A., Fisberg, R., Group,

- S., & Jose, S. (2019). *Latin American consumption of major food groups : Results from the ELANS study*. 1–27.
- INS. (2018). *Biomédica Instituto Nacional de Salud*. 1, 5–6.
- Ishihara, K., Matsunaga, A., Nakamura, K., Sakuma, K., & Koga, H. (2006). Examination of conditions inhibiting the formation of acrylamide in the model system of fried potato. *Bioscience, Biotechnology and Biochemistry*, 70(7), 1616–1621. <https://doi.org/10.1271/bbb.50680>
- Jackson, L. S., & Al-Taher, F. (2010). Processing Issues: Acrylamide, Furan and Trans Fatty Acids. In *Ensuring Global Food Safety* (pp. 383–410). Elsevier Inc. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-374845-4.00023-0>
- Jacobs, D. R., & Steffen, L. M. (2003). Nutrients, foods, and dietary patterns as exposures in research: A framework for food synergy. *American Journal of Clinical Nutrition*, 78(3 SUPPL.), 508–513. <https://doi.org/10.1093/ajcn/78.3.508s>
- Jaeger, H., Janositz, A., & Knorr, D. (2010). La réaction de Maillard et son contrôle pendant la fabrication des aliments. Le potentiel des nouvelles technologies. *Pathologie Biologie*, 58(3), 207–213. <https://doi.org/10.1016/j.patbio.2009.09.016>
- Jia, R., Wan, X., Geng, X., Xue, D., Xie, Z., & Chen, C. (2021). Microbial L-asparaginase for application in acrylamide mitigation from food: Current research status and future perspectives. *Microorganisms*, 9(8). <https://doi.org/10.3390/microorganisms9081659>
- Jimenez-Mora, M. A., Nieves-Barreto, L. D., Montaña-Rodríguez, A., Betancourt-Villamizar, E. C., & Mendivil, C. O. (2020). Association of overweight, obesity and abdominal obesity with socioeconomic status and educational level in Colombia. *Diabetes, Metabolic Syndrome and Obesity: Targets and Therapy*, 13, 1887–1898. <https://doi.org/10.2147/DMSO.S244761>
- Jolliffe, I. T., & Cadima, J. (n.d.). *Principal component analysis: a review and recent developments*. <https://doi.org/10.1098/rsta.2015.0202>
- Kafouris, D., Stavroulakis, G., Christofidou, M., Iakovou, X., & Christou, E. (2018). *Determination of acrylamide in food using a UPLC – MS / MS method : results of the official control and dietary exposure assessment in Cyprus*. 35(10), 1928–1939.
- Kalantar-Zadeh, K., Ward, S. A., Kalantar-Zadeh, K., & El-Omar, E. M. (2020). *Considering the Effects of Microbiome and Diet on SARS-CoV-2 Infection: Nanotechnology Roles*. <https://doi.org/10.1021/acsnano.0c03402>
- Kaneghah, Fakhri, Y., Nematollahi, A., Seilani, F., & Vasseghian, Y. (2020). The Concentration of Acrylamide in Different Food Products: A Global Systematic Review, Meta-Analysis, and Meta-Regression. *Food Reviews International*, 00(00), 1–19. <https://doi.org/10.1080/87559129.2020.1791175>
- Kant, A. K. (2004). *Dietary Patterns and Health Outcomes*. <https://doi.org/10.1016/j.jada.2004.01.010>
- Khandpur, N. I., Cediél, G. I., Ayala Obando, D. I., Constante Jaime, P. I., Parra V, D. C., & Khandpur Av Arnaldo, N. (2019). *Sociodemographic factors associated with the consumption of ultra-processed foods in Colombia*. <https://doi.org/10.11606/s1518-8787.2020054001176>
- Khatib, A., & Hanisah binti Juhari, N. (2012). High-performance liquid chromatographic

- determination of 5-hydroxymethyl furfural in roasted plantain cultivars. In *Article in Journal of Food Agriculture and Environment*. <https://www.researchgate.net/publication/277668850>
- Koszucka, A., Nowak, A., Nowak, I., & Motyl, I. (2019). Acrylamide in human diet, its metabolism, toxicity, inactivation and the associated European Union legal regulations in food industry. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 1–16. <https://doi.org/10.1080/10408398.2019.1588222>
- Kovalskys, I., Fisberg, M., Gómez, G., Pareja, R. G., Yépez García, M. C., Cortés Sanabria, L. Y., Herrera-Cuenca, M., Rigotti, A., Guajardo, V., Zalzman Zimberg, I., Nogueira Previdelli, A., Moreno, L. A., & Koletzko, B. (2018). Energy intake and food sources of eight Latin American countries: Results from the Latin American Study of Nutrition and Health (ELANS). *Public Health Nutrition*, 21(14), 2535–2547. <https://doi.org/10.1017/S1368980018001222>
- Kovalskys, I., Zonis, L., Guajardo, V., Rigotti, A., Koletzko, B., Fisberg, M., Del Arco, A., Gómez, G., Herrera-Cuenca, M., Sanabria, L. Y. C., García, M. C. Y., Pareja, R. G., Zimberg, I. Z., Previdelli, A. N., Moreno, L. A., Amigo, M. P., Janezic, X., Cardini, F., Echeverry, M., ... de Moraes Ferrari, G. L. (2019). Latin American consumption of major food groups: Results from the ELANS study. *PLoS ONE*, 14(12). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0225101>
- Kresić, G., Kendel Jovanović, G., Pavčić Zezel, S., Cvijanović, O., & Ivezić, G. (2009). The effect of nutrition knowledge on dietary intake among Croatian university students. *Collegium Antropologicum*, 33(4), 1047–1056. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/20102047>
- Krishnakumar T, V. R. (2014). Krishnakumar. *Journal of Food Processing & Technology*, 05(07). <https://doi.org/10.4172/2157-7110.1000344>
- Lantz, I., Ternité, R., Wilkens, J., Hoenicke, K., Guenther, H., & Van Der Stegen, G. H. D. (2006). Studies on acrylamide levels in roasting, storage and brewing of coffee. *Molecular Nutrition and Food Research*, 50(11), 1039–1046. <https://doi.org/10.1002/mnfr.200600069>
- Lee, S., & Kim, H. J. (2020). Dietary exposure to acrylamide and associated health risks for the Korean population. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 17(20), 1–11. <https://doi.org/10.3390/ijerph17207619>
- Leech, R. M., Worsley, A., Timperio, A., & Mcnaughton, S. A. (2015). *Understanding meal patterns: definitions, methodology and impact on nutrient intake and diet quality*. 1–21. <https://doi.org/10.1017/S0954422414000262>
- Lim, P. K., Jinap, S., Sanny, M., Tan, C. P., & Khatib, A. (2014). The influence of deep frying using various vegetable oils on acrylamide formation in sweet potato (*Ipomoea batatas* L. Lam) chips. *Journal of Food Science*, 79(1). <https://doi.org/10.1111/1750-3841.12250>
- Lim, S. S., Vos, T., Flaxman, A. D., Danaei, G., Shibuya, K., Adair-rohani, H., Almazroa, M. A., Amann, M., Barker-collo, S., Baxter, A., Bell, M. L., Blore, J. D., Blyth, F., Bonner, C., Borges, G., Bourne, R., Boussinesq, M., Brauer, M., Brooks, P., ... Ezzati, M. (2012). *A comparative risk assessment of burden of disease and injury attributable to 67 risk factors and risk factor clusters in 21 regions, 1990 – 2010 : a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2010*. 380, 1990–2010. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(12\)61766-8](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(12)61766-8)
- Lineback, D. R., Coughlin, J. R., & Stadler, R. H. (2012). Acrylamide in Foods: A Review of the Science and Future Considerations. *Annual Review of Food Science and Technology*, 3(1), 15–35.

<https://doi.org/10.1146/annurev-food-022811-101114>

- Loaëc, G., Niquet-Léridon, C., Henry, N., Jacolot, P., Volpoet, G., Goudemand, E., Janssens, M., Hance, P., Cadalen, T., Hilbert, J.-L., Desprez, B., & Tessier, F. J. (2014). Effects of variety, agronomic factors, and drying on the amount of free asparagine and crude protein in chicory. Correlation with the acrylamide formation during roasting. *Food Research International*, *63*, 299–305. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2014.03.010>
- López-Espinoza, A., Gabriela Martínez Moreno, A., Gabriela Aguilera Cervantes, V., de la Torre-Ibarra, C., Cárdenas-Villalvazo, A., Valdés Miramontes, E., Macías Macías, A., & Santoyo Telles María del Carmen Barragán Carmona, F. (2011). Sex, Social Interaction and Food Consumption: “The Eva Effect.” *Revista Mexicana de Trastornos Alimentarios/Mexican Journal of Eating Disorders*, *2*, 10–23. <http://journals.iztacala.unam.mx/%5Cnwww.cusur.udg.mx/cican/>
- Maan, A. A., Anjum, M. A., Khan, M. K. I., Nazir, A., Saeed, F., Afzaal, M., & Aadil, R. M. (2020). Acrylamide Formation and Different Mitigation Strategies during Food Processing—A Review. *Food Reviews International*, *00(00)*, 1–18. <https://doi.org/10.1080/87559129.2020.1719505>
- Malik, V. et al. (2017). Long-term consumption of sugar-sweetened and artificially sweetened beverages and risk of mortality in US adults. *Physiology & Behavior*, *176(5)*, 139–148. <https://doi.org/10.1161/CIRCULATIONAHA.118.037401>. Long-term
- Matoso, V., Bargi-Souza, P., Ivanski, F., Romano, M. A., & Romano, R. M. (2019). Acrylamide: A review about its toxic effects in the light of Developmental Origin of Health and Disease (DOHaD) concept. *Food Chemistry*, *283*, 422–430. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.01.054>
- Matthäus, B., & Haase, N. U. (2002). *Acrylamide-Still a matter of concern for fried potato food? Ä.* <https://doi.org/10.1002/ejlt.201300281>
- McCombie, G., Biedermann, M., Biedermann-Brem, S., Suter, G., Eicher, A., & Pfefferle, A. (2016). Acrylamide in a fried potato dish (rösti) from restaurants in Zurich, Switzerland. *Food Additives and Contaminants: Part B Surveillance*, *9(1)*, 21–26. <https://doi.org/10.1080/19393210.2015.1102974>
- Medeiros Vinci, R., Mestdagh, F., & De Meulenaer, B. (2012). Acrylamide formation in fried potato products - Present and future, a critical review on mitigation strategies. *Food Chemistry*, *133(4)*, 1138–1154. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2011.08.001>
- Mesías, M., Holgado, F., Márquez-Ruiz, G., & Morales, F. J. J. (2016). An investigation of process contaminants’ formation during the deep frying of breadcrumbs using a bread coat model. *Food and Function*, *7(3)*, 1645–1654. <https://doi.org/10.1039/c6fo00031b>
- Mesias, M, Delgado-Andrade, C., Gómez-Narváez, F., Contreras-Calderón, J., & Morales, F. J. (2020). Formation of acrylamide and other heat-induced compounds during panela production. *Foods*, *9(4)*. <https://doi.org/10.3390/foods9040531>
- Mesias, M, Delgado-Andrade, C., Holgado, F., & Morales, F. J. (2020). Acrylamide in French fries prepared at primary school canteens. In *Food and Function* (Vol. 11, Issue 2, pp. 1489–1497). <https://doi.org/10.1039/c9fo02482d>
- Mesias, Marta, Delgado-Andrade, C., Holgado, F., & Morales, F. J. (2019). Acrylamide content in French fries prepared in food service establishments. *LWT*, *100*, 83–91.

<https://doi.org/10.1016/j.lwt.2018.10.050>

Mesias, Marta, Delgado-Andrade, C., & Morales, F. J. (2020). Process contaminants in battered and breaded foods prepared at public food service establishments. *Food Control*, 114. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2020.107217>

Mesías, Marta, & Morales, F. J. (2016). Acrylamide in coffee: Estimation of exposure from vending machines. *Journal of Food Composition and Analysis*, 48, 8–12. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2016.02.005>

Micha, R., Shulkin, M. L., Peñalvo, J. L., Khatibzadeh, S., Singh, G. M., Rao, M., Fahimi, S., Powles, J., & Mozaffarian, D. (2017). *Etiologic effects and optimal intakes of foods and nutrients for risk of cardiovascular diseases and diabetes: systematic reviews and meta-analyses from the nutrition and chronic diseases expert group*. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0175149>

Michalak, J, Czarnowska-Kujawska, M., & Gujska, E. (2019). Acrylamide and thermal-processing indexes in market-purchased food. In *International Journal of Environmental Research and Public Health* (Vol. 16, Issue 23). <https://doi.org/10.3390/ijerph16234724>

Michalak, Joanna, Gujska, E., & Klepacka, J. (2011). The Effect of Domestic Preparation of Some Potato Products on Acrylamide Content. *Plant Foods for Human Nutrition*, 66(4), 307–312. <https://doi.org/10.1007/s11130-011-0252-2>

Ministerio de proteccion social. (2006). *Resolucion 779 de 2006 por la cual se establece el reglamento tecnico sobre los requisitos sanitarios que se deben cumplir en la produccion y comercializacion de panela para consumo humano*. 2006(Marzo 17). file:///C:/Users/ASUS/Downloads/resolucion_779_de_2006 (1).pdf

Ministerio de Salud. (2021). *Indicadores Básicos de Salud 2021. situacion salud en Colombia*. 95.

Ministerio de Salud, I. (2012). *CONCEPTO CIENTIFICO ACRILAMIDA EN PANELA*.

Molina-Montes, E., Uzhova, I., Verardo, V., Artacho, R., García-Villanova, B., Jesús Guerra-Hernández, E., Kapsokefalou, M., Malisova, O., Vlassopoulos, A., Katidi, A., Koroušić Seljak, B., Modic, R., Eftimov, T., Hren, I., Valenčič, E., Šatalić, Z., Panjkota Krbavčič, I., Vranešić Bender, D., Giacalone, D., ... Rodríguez-Pérez, C. (2021). Impact of COVID-19 confinement on eating behaviours across 16 European countries: The COVIDiet cross-national study. *Food Quality and Preference*, 93(February). <https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2021.104231>

Monteiro, C. A., Cannon, G., Levy, R. B., Moubarac, J. C., Louzada, M. L. C., Rauber, F., Khandpur, N., Cediel, G., Neri, D., Martinez-Steele, E., Baraldi, L. G., & Jaime, P. C. (2019). Ultra-processed foods: What they are and how to identify them. *Public Health Nutrition*, 22(5), 936–941. <https://doi.org/10.1017/S1368980018003762>

Mora-García, G., María, •, Ruiz-Díaz, S., Villegas, R., & García-Larsen, V. (2020). Changes in diet quality over 10 years of nutrition transition in Colombia: analysis of the 2005 and 2015 nationally representative cross-sectional surveys. *Ó Swiss School of Public Health*, 2020. <https://doi.org/10.1007/s00038-020-01396-1>

Mottram, D. S., Wedzicha, B. L., & Dodson, A. T. (2002). Food chemistry: Acrylamide is formed in the Maillard reaction. *Nature*, 419(6906), 448–449. <https://doi.org/10.1038/419448a>

Mu, M., Xu, L. F., Hu, D., Wu, J., & Bai, M. J. (2017). Dietary patterns and overweight/obesity: A

- review article. *Iranian Journal of Public Health*, 46(7), 869–876.
- Muttucumaru, N., Elmore, J. S., Curtis, T., Mottram, D. S., Parry, M. A. J., & Halford, N. G. (2008). Reducing acrylamide precursors in raw materials derived from wheat and potato. In *Journal of Agricultural and Food Chemistry* (Vol. 56, Issue 15, pp. 6167–6172). <https://doi.org/10.1021/jf800279d>
- Narayanan, N. N., Ihemere, U., Ellery, C., & Sayre, R. T. (2011). Overexpression of hydroxynitrile lyase in cassava roots elevates protein and free amino acids while reducing residual cyanogen levels. *PLoS ONE*, 6(7). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0021996>
- Ocampo T., P. R., Prada G., G. E., & Herrán F., O. F. (2014). Patrones de consumo alimentario y exceso de peso infantil; encuesta de la situación nutricional en Colombia, 2010. *Revista Chilena de Nutricion*, 41(4), 351–359. <https://doi.org/10.4067/S0717-75182014000400002>
- Ocké, M. C. (2013). Evaluation of methodologies for assessing the overall diet: Dietary quality scores and dietary pattern analysis. *Proceedings of the Nutrition Society*, 72(2), 191–199. <https://doi.org/10.1017/S0029665113000013>
- Ofosu, I. W., Ankar-Brewoo, G. M., Lutterodt, H. E., Benefo, E. O., & Menyah, C. A. (2019). Estimated daily intake and risk of prevailing acrylamide content of alkalized roasted cocoa beans. *Scientific African*, 6, e00176. <https://doi.org/10.1016/j.sciaf.2019.e00176>
- Okiyama, D. C. G., Navarro, S. L. B., & Rodrigues, C. E. C. (2017). Cocoa shell and its compounds: Applications in the food industry. *Trends in Food Science and Technology*, 63, 103–112. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2017.03.007>
- OMS. (2004). Estrategia mundial sobre régimen alimentario, actividad física y salud. In *Nutricion Clinica y Dietetica Hospitalaria* (Vol. 24, Issue 4).
- Ordoñez Caicedo, C. (2012). *Gran Libro de la Cocina Colombiana*. Ministerio de Cultura.
- Ortega, R. M., Perez-Rodrigo, C., & Lopez-Sobaler, A. M. (2015). Dietary assessment methods: Dietary records [Métodos de evaluación de la ingesta actual: Registro o diario dietético]. *Nutricion Hospitalaria*, 31, 38–45. <https://doi.org/10.14642/RENC.2015.21.sup1.5048>
- Otache, M. A., Agbajor, G. K., Akpovona, A. E., & Ogoh, B. (2017). *Quantitative Determination of Sugars in Three Varieties of Cassava Pulp*. 3(3), 1–8. <https://doi.org/10.9734/AJOCS/2017/37112>
- Pacetti, D., Gil, E., Frega, N. G., Álvarez, L., Dueñas, P., Garzón, A., & Lucci, P. (2015). Acrylamide levels in selected Colombian foods. *Food Additives and Contaminants: Part B Surveillance*, 8(2), 99–105. <https://doi.org/10.1080/19393210.2014.995236>
- Pacheco, M. D., Christian, J. I., & Feng, B. (2012). Study of Maillard reaction inhibitors for the sugar cane processing. In *American Journal of Food Technology* (Vol. 7, Issue 8, pp. 470–478). <https://doi.org/10.3923/ajft.2012.470.478>
- Palazoglu, T. K., Savran, D., & Gökmen, V. (2010). Effect of cooking method (baking compared with frying) on acrylamide level of potato chips. *Journal of Food Science*, 75(1). <https://doi.org/10.1111/j.1750-3841.2009.01389.x>
- Palermo, M., Gökmen, V., De Meulenaer, B., Ciesarová, Z., Zhang, Y., Pedreschi, F., & Fogliano, V. (2016). Acrylamide mitigation strategies: Critical appraisal of the FoodDrinkEurope toolbox.

Food and Function, 7(6), 2516–2525. <https://doi.org/10.1039/c5fo00655d>

- Parra, D. C., Iannotti, L., Gomez, L. F., Pachón, H., Haire-Joshu, D., Sarmiento, O. L., Kuhlmann, A. S., & Brownson, R. C. (2015). The nutrition transition in Colombia over a decade: A novel household classification system of anthropometric measures. *Archives of Public Health*, 73(1). <https://doi.org/10.1186/s13690-014-0057-5>
- Parra, D. C., Laura Da Costa-Louzada, M., Moubarac, J.-C., Bertazzi-Levy, R., Khandpur, N., Cediél, G., Monteiro, C. A., Dc, P., Ml, C.-L., & Jc, M. (2019). *Association between ultra-processed food consumption and the nutrient profile of the Colombian diet in 2005*. <https://doi.org/10.21149/9038>
- Pedreschi, F., Mariotti, M. S., & Granby, K. (2014). Current issues in dietary acrylamide: Formation, mitigation and risk assessment. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 94(1), 9–20. <https://doi.org/10.1002/jsfa.6349>
- Plata-Guerrero, R., Guerra-Hernández, E., & García-Villanova, B. (2009). Determination of reducing sugar and asparagine in potatoes. In *Journal of Liquid Chromatography and Related Technologies* (Vol. 32, Issue 17, pp. 2556–2568). <https://doi.org/10.1080/10826070903249732>
- Pogurschi, E. N., Zugravu, C. A., Ranga, I. N., Trifunsi, S., Munteanu, M. F., Popa, D. C., Tudorache, M., & Custura, I. (2021). Determination of acrylamide in selected foods from the Romanian market. *Foods*, 10(9). <https://doi.org/10.3390/foods10092110>
- Popkin, B. M., & Reardon, T. (2018). Obesity and the food system transformation in Latin America. *Obesity Reviews*, 19(8), 1028–1064. <https://doi.org/10.1111/OBR.12694>
- Popkin, Barry M., Kenan, W. R., Hill, C., & Hawkes, C. (2017). *Sweetening of the global diet, particularly beverages: patterns, trends, and policy responses*. 4(2), 174–186. [https://doi.org/10.1016/S2213-8587\(15\)00419-2](https://doi.org/10.1016/S2213-8587(15)00419-2).The
- Quan, W., Li, Y., Jiao, Y., Xue, C., Liu, G., Wang, Z., He, Z., Qin, F., Zeng, M., & Chen, J. (2020). Simultaneous generation of acrylamide, β -carboline heterocyclic amines and advanced glycation ends products in an aqueous Maillard reaction model system. *Food Chemistry*, 332(June), 127387. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2020.127387>
- Quintero-lesmes, D. C., & Herran, O. F. (2019). *Food Changes and Geography : Dietary Transition in*. 85(1), 1–10.
- Rannou, C., Laroque, D., Renault, E., Prost, C., & Sérot, T. (2016). Mitigation strategies of acrylamide, furans, heterocyclic amines and browning during the Maillard reaction in foods. In *Food Research International* (Vol. 90, pp. 154–176). Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2016.10.037>
- Raters, M., & Matissek, R. (2018). Acrylamide in cocoa: a survey of acrylamide levels in cocoa and cocoa products sourced from the German market. *European Food Research and Technology*, 244(8), 1381–1388. <https://doi.org/10.1007/s00217-018-3051-2>
- Reinhardt, S. L., Boehm, R., Blackstone, N. T., El-Abbadi, N. H., McNally Brandow, J. S., Taylor, S. F., & DeLonge, M. S. (2020). Systematic review of dietary patterns and sustainability in the United States. *Advances in Nutrition*, 11(4), 1016–1031. <https://doi.org/10.1093/ADVANCES/NMAA026>

- Restrepo Klinge, S. (2019). CADENA PRODUCTIVA DE LA PAPA Y SU INDUSTRIA. *Minagricultura*, 8(5), 55.
- Riboldi, B. P., Vinhas, Á. M., & Moreira, J. D. (2014). Risks of dietary acrylamide exposure: A systematic review. *Food Chemistry*, 157, 310–322. <https://doi.org/10.1016/J.FOODCHEM.2014.02.046>
- Rifai, L., & Saleh, F. A. (2020). A Review on Acrylamide in Food: Occurrence, Toxicity, and Mitigation Strategies. In *International Journal of Toxicology* (Vol. 39, Issue 2, pp. 93–102). SAGE Publications Inc. <https://doi.org/10.1177/1091581820902405>
- Rocillo-Aquino, Z., Cervantes-Escoto, F., Leos-Rodríguez, J. A., Cruz-Delgado, D., & Espinoza-Ortega, A. (2021). What is a traditional food? Conceptual evolution from four dimensions. *Journal of Ethnic Foods*, 8(1). <https://doi.org/10.1186/s42779-021-00113-4>
- Rodríguez-Pérez, C., Molina-Montes, E., Verardo, V., Artacho, R., García-Villanova, B., Guerra-Hernández, E. J., & Ruíz-López, M. D. (2020). Changes in dietary behaviours during the COVID-19 outbreak confinement in the Spanish COVIDiet study. *Nutrients*, 12(6), 1–19. <https://doi.org/10.3390/nu12061730>
- Sales, C. H., Kovalskys, I., & Fisberg, M. (2019). *Diet Quality and Diet Diversity in Eight Latin American Countries : Results from the Latin American Study of Nutrition and Health (ELANS)*. 1–17.
- Salvador, G., Serra, L., & Ribas, L. (2015). Encuesta de Recordatorio de 24 Horas. *Revista Española de Nutrición Comunitaria*, 21, 3. <https://doi.org/10.14642/RENC.2015.21.sup1.5049>
- Sánchez, E., & Sánchez, C. E. (2012). *Paseo de olla: recetas de las cocinas regionales de Colombia*. Ministerio de Cultura.
- Sarion, C., Codină, G. G., & Dabija, A. (2021). Acrylamide in bakery products: A review on health risks, legal regulations and strategies to reduce its formation. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(8). <https://doi.org/10.3390/ijerph18084332>
- Sayon-Orea, C., Bes-Rastrollo, M., Gea, A., Zazpe, I., Basterra-Gortari, F. J., & Martínez-González, M. A. (2014). Reported fried food consumption and the incidence of hypertension in a Mediterranean cohort: The SUN (Seguimiento Universidad de Navarra) project. *British Journal of Nutrition*, 112(6), 984–991. <https://doi.org/10.1017/S0007114514001755>
- Schnettler M., B., Huaiquiñir C., V., Mora G., M., Miranda V., H., Sepúlveda M., J., & Denegri C., M. (2010). Diferencias étnicas y de aculturación en el consumo de alimentos en la región de la araucania, Chile. *Revista Chilena de Nutrición*, 37(1), 31–40. <https://doi.org/10.4067/s0717-75182010000100003>
- Scott, G. J. (2021). A review of root, tuber and banana crops in developing countries: past, present and future. *International Journal of Food Science and Technology*, 56(3), 1093–1114. <https://doi.org/10.1111/ijfs.14778>
- Seal, C. J., de Mul, A., Eisenbrand, G., Haverkort, A. J., Franke, K., Lalljie, S. P. D., Mykkänen, H., Reimerdes, E., Scholz, G., Somoza, V., Tuijtelars, S., van Boekel, M., van Klaveren, J., Wilcockson, S. J., & Wilms, L. (2008). Risk-benefit considerations of mitigation measures on acrylamide content of foods - A case study on potatoes, cereals and coffee. In *British Journal of Nutrition* (Vol. 99, Issue SUPPL. 2). <https://doi.org/10.1017/S0007114508965314>

- Serra-Majem, L., Bes-Rastrollo, M., Román-Viñas, B., Pfrimer, K., Sánchez-Villegas, A., & Martínez-González, M. A. (2009). Dietary patterns and nutritional adequacy in a Mediterranean country. *British Journal of Nutrition*, *101*(SUPPL. 2), 21–28. <https://doi.org/10.1017/S0007114509990559>
- Shamla, L., & Nisha, P. (2017). Acrylamide formation in plantain (*Musa paradisiaca*) chips influenced by different ripening stages: A correlation study with respect to reducing sugars, amino acids and phenolic content. *Food Chemistry*, *222*, 53–60. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2016.12.007>
- Shan, Z., Li, Y., Megu, J., Baden, Y., Bhupathiraju, S. N., Wang, D. D., Sun, Q., Rexrode, K. M., Rimm, E. B., Qi, L., Willett, W. C., Manson, J. E., Qi, Q., & Hu, F. B. (2020). Association Between Healthy Eating Patterns and Risk of Cardiovascular Disease. <https://doi.org/10.1001/jamainternmed.2020.2176>
- Shewry, P. R., & Hey, S. J. (2015). The contribution of wheat to human diet and health. *Food and Energy Security*, *4*(3), 178–202. <https://doi.org/10.1002/FES3.64>
- Smith, A. D. A. C., Emmett, P. M., Newby, P. K., & Northstone, K. (2013). Dietary patterns obtained through principal components analysis: The effect of input variable quantification. *British Journal of Nutrition*, *109*(10), 1881–1891. <https://doi.org/10.1017/S0007114512003868>
- Sprake, E. F., Russell, J. M., Cecil, J. E., Cooper, R. J., Grabowski, P., Pourshahidi, L. K., & Barker, M. E. (2018). Dietary patterns of university students in the UK: A cross-sectional study. *Nutrition Journal*, *17*(1), 1–17. <https://doi.org/10.1186/s12937-018-0398-y>
- Stadler, R. H. (2019). Food process contaminants. In *ACS Symposium Series* (Vol. 1306, pp. 1–13). <https://doi.org/10.1021/bk-2019-1306.ch001>
- Stadler, Richard H., & Scholz, G. (2004). Acrylamide: An update on current knowledge in analysis, levels in food, mechanisms of formation, and potential strategies of control. *Nutrition Reviews*, *62*(12), 449–467. <https://doi.org/10.1301/nr.2004.janr.449-467>
- Stadler, Richard H., & Studer, A. (2016). Acrylamide in Food Products: A Review Krishnakumar and Visvanathan. *Acrylamide in Food: Analysis, Content and Potential Health Effects*, 1–17. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-802832-2.00001-2>
- Sun, Y., Liu, B., Snetselaar, L. G., Robinson, J. G., Wallace, R. B., Peterson, L. L., & Bao, W. (2019). Association of fried food consumption with all cause, cardiovascular, and cancer mortality: Prospective cohort study. *BMJ (Online)*, *364*. <https://doi.org/10.1136/bmj.k5420>
- Tapsell, L. C., Neale, E. P., Satija, A., & Hu, F. B. (2016). Foods, nutrients, and dietary patterns: Interconnections and implications for dietary guidelines. *Advances in Nutrition*, *7*(3), 445–454. <https://doi.org/10.3945/an.115.011718>
- Tareke, E., Rydberg, P., Karlsson, P., Eriksson, S., & Törnqvist, M. (2002). Analysis of acrylamide, a carcinogen formed in heated foodstuffs. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, *50*(17), 4998–5006. <https://doi.org/10.1021/jf020302f>
- Tumas, N., Niclis, C., Aballay, L. R., Osella, A. R., María, •, Díaz, D. P., Tumas, N., Niclis, Á. C., Aballay, Á. L. R., Díaz, Á. M. P., Aballay, L. R., Niclis, C., & Osella, A. R. (2014). Traditional dietary pattern of South America is linked to breast cancer: an ongoing case-control study in Argentina. *Eur J Nutr*, *53*, 557–566. <https://doi.org/10.1007/s00394-013-0564-0>

- Vargas Lasso, J. J., Talero Pérez, Y. V., Trujillo Suárez, F. A., & Camelo Caballero, L. R. (2015). Determinación de acrilamida en el procesamiento de la panela por cromatografía líquida. In *Ciencia En Desarrollo* (Vol. 5, Issue 2). <https://doi.org/10.19053/01217488.3664>
- Velez Betancourt, A. A. C.-B. (2020). *Cadenas sostenibles ante un clima cambiante- La papa en Colombia* (B. Puntoaparte Editores (ed.)). Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH Oficinas.
- Venter, C., Eyerich, S., Sarin, T., & Klatt, K. C. (2020). *nutrients Nutrition and the Immune System: A Complicated Tango*. <https://doi.org/10.3390/nu12030818>
- Vucic, V., Glibetic, M., Novakovic, R., Ngo, J., Ristic-Medic, D., Tepsic, J., Ranic, M., Serra-Majem, L., & Gurinovic, M. (2009). Dietary assessment methods used for low-income populations in food consumption surveys: A literature review. *British Journal of Nutrition*, *101*(SUPPL. 2). <https://doi.org/10.1017/S0007114509990626>
- Weir CB, J. A. (2021). *BMI Classification Percentile And Cut Off Points*. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK541070/>
- Williams, J. S. E. (2005). Influence of variety and processing conditions on acrylamide levels in fried potato crisps. *Food Chemistry*, *90*(4), 875–881. <https://doi.org/10.1016/J.FOODCHEM.2004.05.050>
- World Health Organization. (2011). Evaluation of certain contaminants in food. *World Health Organization Technical Report Series, 959*.
- Wyka, J., Tajner-Czopek, A., Broniecka, A., Piotrowska, E., Bronkowska, M., & Biernat, J. (2015). Estimation of dietary exposure to acrylamide of Polish teenagers from an urban environment. *Food and Chemical Toxicology*, *75*, 151–155. <https://doi.org/10.1016/j.fct.2014.11.003>
- Xu, Y., Cui, B., Ran, R., Liu, Y., Chen, H., Kai, G., & Shi, J. (2014). Risk assessment, formation, and mitigation of dietary acrylamide: Current status and future prospects. *Food and Chemical Toxicology*, *69*, 1–12. <https://doi.org/10.1016/j.fct.2014.03.037>
- Yang, Y., Achaerandio, I., & Pujolà, M. (2016). Influence of the frying process and potato cultivar on acrylamide formation in French fries. *Food Control*, *62*. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2015.10.028>
- Yaylayan, V. A., & Stadler, R. H. (2005). Acrylamide formation in food: A mechanistic perspective. *Journal of AOAC International*, *88*(1), 262–267. <https://doi.org/10.1093/jaoac/88.1.262>
- Yaylayan, V. A., Wnorowski, A., & Perez Locas, C. (2003). Why Asparagine Needs Carbohydrates To Generate Acrylamide. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, *51*(6), 1753–1757. <https://doi.org/10.1021/JF0261506>
- Yolcuoğlu, İ. Z., & Kızıltan, G. (2021). Effect of Nutrition Education on Diet Quality, Sustainable Nutrition and Eating Behaviors among University Students. *Journal of the American College of Nutrition*. <https://doi.org/10.1080/07315724.2021.1955420>
- Zabetakis, I., Lordan, R., Norton, C., & Tsoupras, A. (2020). COVID-19: The Inflammation Link and the Role of Nutrition in Potential Mitigation. *Nutrients*, *12*(5). <https://doi.org/10.3390/NU12051466>
- Zaheer, K., & Akhtar, M. H. (2016). Potato Production, Usage, and Nutrition—A Review. *Critical*

Reviews in Food Science and Nutrition, 56(5), 711–721.
<https://doi.org/10.1080/10408398.2012.724479>

- Zhang, Y. A., & Zhang, Y. (2007). *Formation and reduction of Acrylamide in Maillard Reaction: A review based on the current state of Knowledge*. *Critical Reviews in food Science and Nutrition*.
- Zhang, Y., Jiao, J., Cai, Z., Zhang, Y., & Ren, Y. (2007). An improved method validation for rapid determination of acrylamide in foods by ultra-performance liquid chromatography combined with tandem mass spectrometry. *Journal of Chromatography A*, 1142(2), 194–198.
<https://doi.org/10.1016/j.chroma.2006.12.086>
- Zhao, J., Li, Z., Gao, Q., Zhao, H., Chen, S., Huang, L., Wang, W., & Wang, T. (n.d.). *A review of statistical methods for dietary pattern analysis*. <https://doi.org/10.1186/s12937-021-00692-7>
- Zhao, J., Li, Z., Gao, Q., Zhao, H., Chen, S., Huang, L., Wang, W., & Wang, T. (2021). A review of statistical methods for dietary pattern analysis. *Nutrition Journal*, 20(1), 1–18.
<https://doi.org/10.1186/s12937-021-00692-7>
- Žilić, S., Aktağ, I. G., Dodig, D., Filipović, M., & Gökmen, V. (2020). Acrylamide formation in biscuits made of different wholegrain flours depending on their free asparagine content and baking conditions. *Food Research International*, 132(September 2019), 109109.
<https://doi.org/10.1016/j.foodres.2020.109109>
- Žilić, S., Dodig, D., Basić, Z., Vančetović, J., Titan, P., Đurić, N., & Tolimir, N. (2017). Free asparagine and sugars profile of cereal species: the potential of cereals for acrylamide formation in foods. *Food Additives and Contaminants - Part A Chemistry, Analysis, Control, Exposure and Risk Assessment*, 34(5), 705–713. <https://doi.org/10.1080/19440049.2017.1290281>
- Zuzana, Kukurová, K., Torbica, A., Belović, M., Horváthová, J., Daško, Ľ., & Jelemenská, V. (2021). Acrylamide and 5-hydroxymethylfurfural in thermally treated non-wheat flours and respective breads. *Food Chemistry*, 365(June). <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2021.130491>
- Zyzak, D. V., Sanders, R. A., Stojanovic, M., Tallmadge, D. H., Eberhart, B. L., Ewald, D. K., Gruber, D. C., Morsch, T. R., Strothers, M. A., Rizzi, G. P., & Villagran, M. D. (2003). Acrylamide Formation Mechanism in Heated Foods. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 51(16), 4782–4787.
<https://doi.org/10.1021/JF034180I>

III. 2. CAPÍTULO 2

IDENTIFICACIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE ALIMENTOS Y PREPARACIONES TRADICIONALES A PARTIR DE RECETARIOS Y PUBLICACIONES DE CULTURA GASTRONÓMICA EN COLOMBIA (Objetivo 2).

III. 2.1. METODOLOGÍA

La encuesta ENSIN 2015, no profundiza en las características de las preparaciones, concretamente en las materias primas utilizadas y en las técnicas culinarias aplicadas. Por ello, fue necesario realizar una revisión de la literatura gastronómica colombiana y de los recetarios tradicionales.(Sánchez y Sánchez,2012),(Ordoñez Caicedo,2012) con el propósito de caracterizar las preparaciones elaboradas con los diferentes grupos de alimentos e identificar las de consumo habitual así como los ingredientes o condiciones de procesado, que puedan representar un riesgo potencial de formación de acrilamida.

Diseño y organización

Se realizó una revisión bibliográfica que incluyó la lectura, contraste y organización de la información encontrada en las fuentes seleccionadas, dada la limitada cantidad de estudios formales en este campo se seleccionaron cuatro textos a partir de criterios como el reconocimiento institucional de la publicación y la cantidad de preparaciones tradicionales descritas. El estudio se realizó en dos fases; la primera, de contextualización, en la que se analizaron las características de las principales preparaciones tradicionales del país y de sus regiones y la segunda, enfocada a identificar aquellas preparaciones con posible presencia de acrilamida.

Fase 1. Caracterización de las preparaciones elaboradas en Colombia

Se diseñó una base de datos con objetivo organizar y sistematizar las características principales de las preparaciones tradicionales colombianas. Para ello, se elaboraron tablas con la información encontrada tanto a nivel nacional como a nivel regional. En cada una de las columnas o campos se recogieron las características de las preparaciones tales como: la región de origen, tipo de preparación, denominación o nombre específico, método e ingrediente principal. Por su parte, cada fila correspondía al registro de una preparación. Esta disposición permitió la realización de conteos en cada uno de los campos. La figura 2.1 muestra la estructura de la base de datos.

La información de las recetas se organiza, en algunas fuentes, por agrupación según regiones geográficas, departamentos o regiones culturales, razón por la cual se hizo necesario, previo a la construcción de la base, armonizar los datos, utilizando como criterio la agrupación que considera las seis regiones principales del país y que había sido aplicada para las encuestas de consumo (ENSIN, 2015): Atlántica, Bogotá, Central, Oriental, Orinoquía-Amazonas y Pacífica.

Los criterios aplicados para la selección de alimentos tradicionales de consumo habitual fueron en primer lugar, recetas tradicionales y/o típicas colombianas con ingredientes y métodos de cocción

referidos explícitamente y, en segundo lugar, recetas de platos tradicionales de las diferentes regiones del país. En la base de datos se incluyeron 767 preparaciones de elaboración casera, procedentes y representativas de las seis regiones del país con sus características principales.

Número de preparac	Región	Tipo	Nombre de la preparación	Descripción	Método	Ingrediente princip
25	Atlántica	Amasijos	Arepas de huevo; Sincelejo	Masa elaborada con harina de maíz amarillo y sal que son freídas por aproximadamente 3 minutos aprox. (primera fritura) y luego se le abre un orificio y se le adiciona un huevo y se somete a una segunda fritura durante 2 minutos aprox.	Fritura	Maíz
34	Atlántica	Amasijos	Arepas de maíz, Guajira	Masa elaborada con maíz cocido que se acondiciona en círculos de grosor medio (aprox. 1cm) se asa en una superficie caliente, aprox 3 minutos por cada lado.	Asado	Maíz
41	Atlántica	Amasijos	Arepas de maíz cariaco o de maíz morado	Masa elaborada con maíz cariaco o morado que se mezcla con queso costeño y mantequilla, se le da forma circular, con mínimo grosor y se asa durante aprox. 1 minuto por cada lado.	Asado	Maíz morado
54	Atlántica	Amasijos	Arepa de arroz	Masa elaborada con arroz cocido, huevo, sal que son mezcladas, moldeadas en forma de círculos y freídas en una cacerola.	Fritura	Arroz

← ▶
Nacional
Atlántica
Bogotá
Central
Oriental
Orinoquía-Amazonas
Pacífica

Figura 2.1. Estructura de la base de datos de las preparaciones tradicionales elaboradas en Colombia.

Clasificación e ingredientes de las preparaciones

Las recetas procedentes de cada región, fueron agrupadas, según la clasificación propuesta por (Ordoñez Caicedo, 2012b):

Amasijos, preparaciones tipo arepas, empanadas, panes o buñuelos, elaboradas con masas procedentes de harinas de cereales, tubérculos o raíces.

Bebidas, refrescantes o fermentadas, frías o calientes, elaboradas con frutas, raíces, tallos, semillas o cereales.

Sopas, incluyen caldos, cremas y sancochos.

Aperitivos y principios o guarniciones que acompañan la preparación principal.

Platos o recetas regionales, de preparación laboriosa, que incluyen diversidad de ingredientes.

Postres o dulces elaborados con azúcar o panela, mezclados con frutas, frutos secos, cereales y especia.

Se seleccionaron los 15 ingredientes principales (materias primas) más referenciados entre las recetas originarias de cada región y se organizaron en orden decreciente según el número de preparaciones en el que ingrediente estuviera incluido.

Métodos culinarios y tratamientos térmicos

Según el método de cocción aplicado las preparaciones se clasificaron en *hervidas* (cocción por inmersión en agua o líquido caliente); *frituras* (cocción por inmersión en grasa o aceite caliente), *asadas en plancha* (cocción de un alimento, dispuesto sobre una plancha o superficie caliente, con un mínimo de grasa, hasta que alcanza un dorado en cada uno de sus lados); *horneadas* (cocción mediante el calor generado por un horno). En el presente estudio, se incluyeron en la categoría de *hervidas*, los estofados y las preparaciones cocidas a presión o con vapor de agua y en la categoría de *frituras* los alimentos sometidos a fritura superficial tras una cocción (dorado) y los sofritos.

Además, se estimó la contribución porcentual de los alimentos o preparaciones sin tratamiento térmico y las preparadas con calor húmedo ($\leq 100^{\circ}\text{C}$) y calor seco ($\geq 120^{\circ}\text{C}$) durante su elaboración. Por último, se identificaron las preparaciones caseras más frecuentes para cada materia prima, elaboradas con los diferentes métodos: hervido, fritura, plancha y horneado.

Fase 2. Caracterización de las preparaciones asociadas con la generación de Acrilamida

Se realizó un proceso de identificación de las preparaciones que tuvieran factores asociados al riesgo de generación de acrilamida como sus precursores (azúcares reductores y asparagina) y tratamiento térmico aplicado

En cada una de las regiones se identificaron recetas cuyo ingrediente principal correspondiera a alimentos hidrocarbonados tipo cereal, tubérculo, raíz y plátano o alimentos que hubiesen sido asociados, en la literatura científica, con la presencia de acrilamida (café, chocolate, panela). Posteriormente, entre estas preparaciones, se seleccionaron aquellas que hubiesen sido elaboradas con métodos de cocción a temperaturas superiores a 120°C (fritura, horneado, plancha) o bebidas elaboradas con materias primas que en su proceso de adecuación hubiesen sufrido el proceso de tostado con o sin torrefacción como el café, fermentación y tostado como el chocolate o evaporación-concentración de jugo de la caña de azúcar como la panela.

Las preparaciones fueron filtradas de la base general, para estimar el porcentaje de contribución de los productos fritos, a la plancha y horneadas de cada una de las regiones. De manera similar, se calcularon los porcentajes según el tipo de preparación, materia prima y métodos culinarios aplicados. Las descripciones encontradas constituyeron la base para la planificación y estandarización de métodos de preparación de las muestras a analizar en el laboratorio.

Se realizó un estudio de la línea de procesado frecuente de cada materia prima, desde su estado crudo hasta las posibles opciones de cocción en medio húmedo, medio seco y procesado industrial. Esto permitió visualizar las preparaciones y métodos de mayor interés para el estudio experimental de acrilamida.

Se diseñó y rellenó un formato de verificación de los factores asociados a Acrilamida para todas las preparaciones seleccionadas y así facilitar la priorización según riesgo potencial. Así mismo, se identificaron aquellas que, teniendo diferente denominación, corresponden esencialmente a la misma preparación, aunque con pequeñas variaciones en proporción y tipo de ingrediente, entre otras.

Ubicación geográfica de materias primas y preparaciones y participación en la alimentación tradicional regional

Se elaboró un mapa de Colombia en el que se ilustraron las materias primas y las preparaciones de cada región, asociadas a la posible presencia de acrilamida. Adicionalmente, se identificaron preparaciones comunes a varias regiones que, aunque recibían diferentes denominaciones, eran esencialmente similares y solo presentaban variaciones mínimas en relación con la adición de determinados ingredientes o técnicas de elaboración.

Finalmente, tomando como base ejemplos de la alimentación tradicional, representativa de cada región de Colombia, que incluían tres comidas principales (desayuno, comida y cena) y dos comidas intermedias (media mañana y merienda) se identificaron los alimentos y/o preparaciones que podrían contribuir con el consumo de acrilamida con el fin de explorar inicialmente la posible exposición.

III. 2.2. RESULTADOS

Las preparaciones tradicionales encontradas en Colombia son numerosas y muy variadas, debido a la diversidad étnica y cultural y a la ubicación geográfica. Las materias primas utilizadas en las preparaciones son reducidas, sin embargo, el número de preparaciones es relativamente alto. La revisión incluye 767 platos que han sido analizados en detalle según procedencia regional, ingredientes y condiciones de elaboración.

Procedencia regional de las preparaciones

La tabla 2.1 recoge el número y la participación porcentual de las preparaciones de cada región. Las regiones que registraron mayor cantidad de preparaciones propias fueron la Pacífica, Central y Oriental. En Bogotá y Orinoquía-Amazonía la oferta es menor.

Tabla 2. 1. Número de preparaciones tradicionales colombianas

Región	Número de preparaciones (%)
Atlántica	144 (18,9)
Bogotá	52(6,8)
Central	156 (20,5)
Oriental	160 (21)
Orinoquía-Amazonas	62 (8,1)
Pacífica	193 (25,4)

Clasificación de las preparaciones

Las comidas principales en Colombia, almuerzo o cena incluyen platos o preparaciones principales (28%) con aperitivos o guarniciones (27%) y que representan el mayor porcentaje de las preparaciones que se elaboran en cada una de las regiones. En menor proporción, se elaboran sopas (14%), amasijos (13%), postres (9%) y bebidas (9%). Bogotá y Orinoquía-Amazonas al tener menor cantidad de preparaciones presentan porcentajes menores de contribución; no obstante, llama la atención la mayor cantidad de bebidas tradicionales que se elaboran en Orinoquía- Amazonas con respecto a las demás regiones. Figura 2.2.

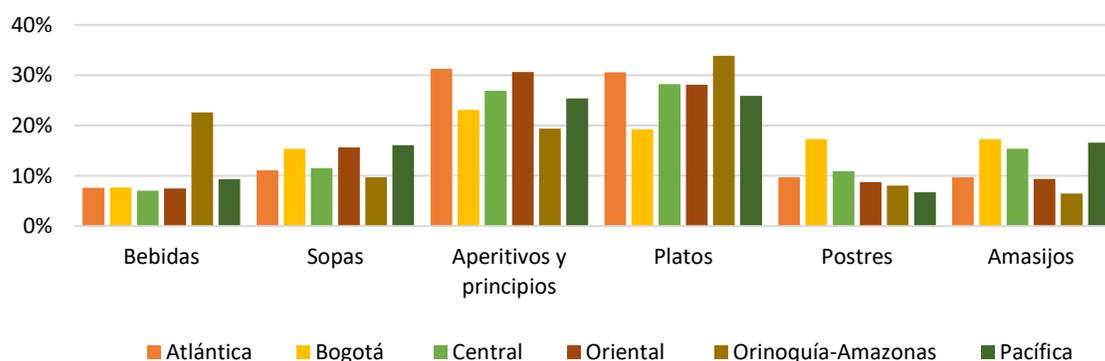


Figura 2.2. Distribución porcentual de los tipos de preparaciones según región

Ingredientes utilizados en las preparaciones

Las materias primas utilizadas en las preparaciones tradicionales corresponden mayoritariamente a alimentos almidonados: cereales, tubérculos, raíces y plátanos y en menor proporción otros grupos como carnes, pescados y frutas. En la tabla 2.2 se identifican las 15 materias primas ordenadas de mayor a menor utilización, diferenciadas por regiones.

Tabla 2.2. Materias primas utilizadas en preparaciones tradicionales de Colombia.

Orden	Atlántica	Bogotá	Central	Oriental	Orinoquia-Amazonas	Pacífica
1	Trigo	Maíz	Maíz	Maíz	Maíz	Maíz
2	Arroz	Trigo	Carne de res	Trigo	Frutas amazónicas	Pescados
3	Maíz	Patata	Trigo	Carne de res	Plátano verde	Arroz
4	Pescado	Mazorca	Plátano verde	Patata	Huevos	Plátano verde
5	Yuca	Frutas	Plátano maduro	Chocolate	Tortuga	Plátano maduro
6	Carne de res	Arroz	Yuca	Carne de conejo	Arroz	Carne de res
7	Camarones	Carne de res	Achira	Huevos	Vegetales	Frutas
8	Frutas	Huevo	Carne de cerdo	Plátano verde	Yuca	Trigo
9	Carne de cerdo	Chocolate	Arroz	Pollo	Yuca brava	Patata
10	Coco	Cuajada	Pollo	Arroz	Arracacha*	Vegetales
11	Panela	Gallina	Frutas	Cabrito	Auyama*	Yuca
12	Café	Panela	Bagre	Carne de cerdo	Carne de res	Aguacate
13	Cangrejos	Patata criolla	Bocachico	Cordero	Pirarucú	Calamares
14	Chivo	Plátano maduro	Frijoles*	Mazorca	Cachama	Camarones
15	Caracoles	Brevas	Lentejas	Habas	Farina	Queso

* Achira (raíz almidonada); Auyama (calabacín); Curuba (fruta); arracacha raíz)

Métodos culinarios y tratamientos térmicos

Las preparaciones tradicionales en Colombia son elaboradas empleando diferentes métodos culinarios. Casi la mitad (48%) corresponden a hervidos, 19% a frituras, 15% a horneados y 7% a asados a la plancha. El 11% restante son preparaciones que para su elaboración no requerían de tratamiento térmico.

En la figura 2.3 se recoge la distribución porcentual de los métodos de cocción en la totalidad de las preparaciones recopiladas. Los hervidos son las preparaciones culinarias mayoritarias en todas las regiones. Las preparaciones sin tratamiento y asados a la plancha (carne y arepas) destacan en Orinoquía-Amazonas y los horneados en la región Central y Bogotá.

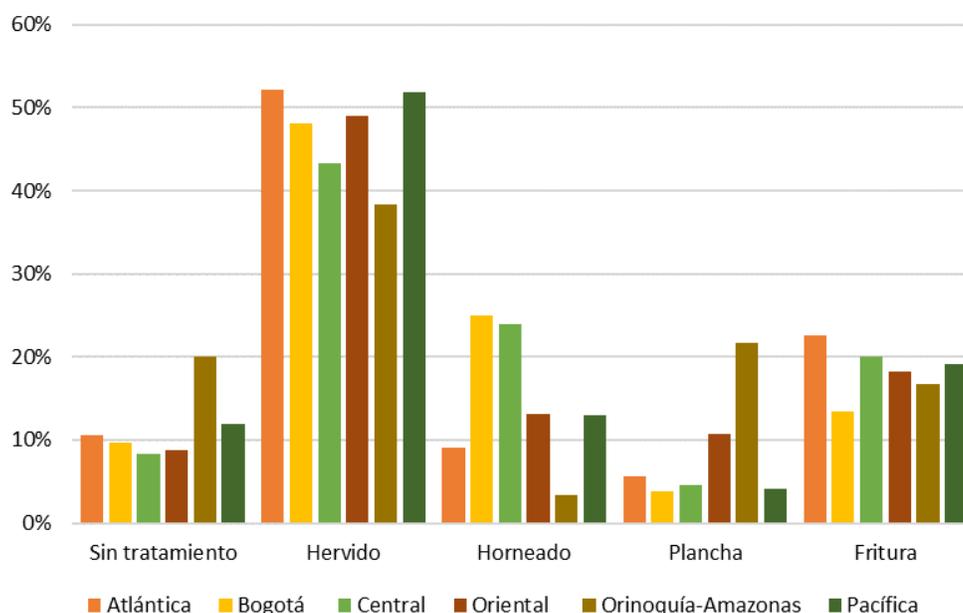


Figura 2.3. Distribución porcentual de los tratamientos culinarios de las preparaciones según región.

La tabla 2.3 presenta los porcentajes de preparaciones tradicionales a las que se aplica tratamiento térmico húmedo o seco; así como las que no llevan tratamiento térmico. Se observa, que las preparaciones tradicionales con tratamientos de al menos 120° C (frituras, horneados y plancha) constituyen una proporción representativa entre el 36 y 49% de los procesados.

Tabla 2.3. Porcentaje de preparaciones tradicionales con y sin tratamiento térmico.

Región	Sin tratamiento térmico	Con tratamiento térmico $\leq 100^{\circ} \text{C}^1$	Con tratamiento térmico $\geq 120^{\circ} \text{C}^2$
Atlántica	10	52	38
Bogotá	10	48	42
Central	8	43	49
Oriental	9	49	42
Orinoquía-Amazonas	20	38	42
Pacífica	12	52	36

¹preparaciones hervidas, estofados y al vapor; ²horneadas, fritas o asadas a la plancha

Caracterización de las preparaciones asociadas con la generación de acrilamida

Los alimentos hidrocarbonados constituyen un grupo muy representativo de las preparaciones tradicionales. Los tratamientos térmicos de este grupo superan en muchas de las preparaciones, temperaturas superiores a 120°C por lo que la materia prima, tratamiento térmico y contenido de humedad son condiciones requeridas en la posible formación de acrilamida.

La tabla 2.4 presenta los grupos de alimentos y las principales materias primas hidrocarbonadas, café y cacao de uso frecuente en las preparaciones y la tabla 2.5 las preparaciones con potencial riesgo de generación de acrilamida.

Tabla 2.4. Materias primas utilizadas como ingredientes principales en preparaciones tradicionales de Colombia.

Categoría de alimentos	Matrices de mayor uso
Cereales	Maíz (harina de almidón), trigo (harina de trigo), arroz
Tubérculos, raíces y plátanos	Plátano, patata, yuca (harina de yuca, almidón de yuca)
Panela (azúcar de caña)	Dulces o bebidas con panela
Bebidas estimulantes	Café y Cacao

Tabla 2.5. Preparaciones identificadas con potencial riesgo de generación de acrilamida durante su elaboración.

Matriz alimentaria	Preparaciones
Patatas tradicionales	Patatas a la francesa, patatas chips, Patatas dorada
Patata criolla	Patata criolla frita, patata dorada
Plátano hartón verde	Plátano verde frito (chips), patacones o tostones
Plátano hartón maduro	Plátano maduro frito (chips o tajadas), arepuelas de plátano, plátanos al horno, torta de plátano
Yuca	Yuca frita, pan de yuca, pandebono
Achira	Bizcochos de achira (achiras)
Trigo	Pan blando, churro, arepuelas fritas
Arroz	Pan de arroz, croquetas de arroz
Maíz blanco o amarillo	Arepa de maíz frita, arepa de maíz asada, arepa de maíz choclo, almojábana
Café	Bebida de café molido, Infusión de café,
Cacao	Bebida de chocolate, bebida de cocoa*
Panela (azúcar de caña)	Agua de panela, bebida de café endulzada con panela, aromáticas endulzadas con panela, dulces y conservas con panela

**Bebida de cocoa: bebida elaborada con deshidratado alcalino de licor de cacao*

Identificación de factores asociados con la presencia de acrilamida

La acrilamida formada en el alimento depende no solo de las condiciones del tratamiento térmico aplicado sino de la presencia de precursores como azúcares y asparagina. En la tabla III. 6 se recoge, para cada una de las preparaciones, los factores que podrían determinar la generación de acrilamida durante su procesado.

Tabla 2.6. Presencia de factores asociados a acrilamida en preparaciones tradicionales colombianas

Matriz alimentaria	Tipo de preparaciones	Temperatura $\geq 120C^{\circ}$	Alimento fuente de almidón	Azúcares reductores	Asparagina
Papa	Papa a la francesa	*	*	*	*
	Papa dorada	*	*	*	*
	Papa criolla frita	*	*	*	*
	Papa rellena frita	*	*	*	*
Plátano	Plátano maduro frito	*	*	*	*
	Plátano verde frito	*	*	*	*
	Patacones	*	*	*	*
	Plátanos asados	*	*	*	*
	Masas fritas de plátano	*	*	*	*
Maíz	Torta de plátano	*	*	*	*
	Arepas (maíz blanco, amarillo, morado)	*	*	*	*
	Arepa de huevo	*	*	*	*
	Arepa de maíz choclo	*	*	*	*
	Empanadas	*	*	*	*
	Almojábana	*	*	*	*
	Buñuelos	*	*	*	*
	Tortas de maíz	*	*	*	*
Yuca	Mantecadas	*	*	*	*
	Yuca frita	*	*	*	*
	Carimañolas	*	*	*	*
	Pandeyuca	*	*	*	*
	Pandebono	*	*	*	*
	Enyucado	*	*	*	*
	Casabito	*	*	*	*
Trigo	Pan batido	*	*	*	*
	Palitos de queso	*	*	*	*
	Pastel Gloria	*	*	*	*
	Cotudos	*	*	*	*
	Tortas	*	*	*	*
	Arepuelas	*	*	*	*
	Torrejas	*	*	*	*
Arroz	Arepas de arroz	*	*	*	*
	Pandearroz	*	*	*	*
	Croqueta de arroz	*	*	*	*
Ñame	Torta de ñame	*	*	*	*
Café	Infusiones de café	*	*	*	*
	Bebidas de café molido	*	*	*	*
Cacao	Chocolate con leche	*	*	*	*
	Cocoa	*	*	*	*
Panela (caña de azúcar)	Bebidas endulzadas con panela	*	*	*	*
	Panela	*	*	*	*

Línea de procesamiento de las materias primas

En la figura 2.4 se pueden observar los productos procedentes del tratamiento a nivel casero e industrial, que pueden resultar al aplicarle a una misma materia prima diferentes tipos de procesado.

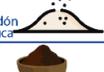
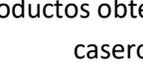
Alimentos	Alimento crudo	Cocción vía húmeda		Cocción vía seca			Productos industrializados	
		Hervido		Asado	Fritura	Horneado		
Arroz	 Arroz blanco pulido	 Arroz blanco cocido	 Arroz cocido mixto	 Arepas de arroz	 Croquetas de arroz	 Torta de arroz	 Pan de arroz	
Plátano	 Plátano hartón verde	 Plátano verde asado		 Patacón	 Juan Valerio		 Chips de plátano verde	
	 Plátano maduro	 Plátano maduro asado		 Plátano asado con queso	 Tajadas de plátano	 Marranitas	 Torta de plátano	 Chips de plátano maduro
Papa	 Papa	 Sopas	 Papa cocida		 Papa a la francesa	 Papas chips	 Papas chips	
		 Papa salada			 Papa dorada		 Papas precocidas	
Papa criolla	 Papa criolla	 Sopas	 Puré de papa		 Papa criolla frita	 Papa criolla dorada	 Papa criolla al horno	 Chips de papa criolla
Trigo	 Papa criolla	 Salsas			 Hojuelas	 Empanada de trigo	 Pan	 Galletas
					 Churros		 Pan de molde	 Hojaldré
Maiz	 Mazorca	 Harina de maiz	 Ajiaco	 Masitas	 Arepas	 Arepas fritas	 Torta de maiz	 Tortillas de maiz
	 Yuca	 Harina de yuca	 Yuca cocida			 Yuca frita		 Yuca precocida
Almidón de yuca	 Almidón de yuca						 Pan de yuca	 Pan de bono
								 Pan de bono paquete
Café	 Café molido	 Infusión de café	 Infusión de café con azúcar					
	 Café soluble	 Infusión de café	 Infusión de café con panela					
	 Café	 Café con leche						
Panela	 Panela en bloque	 Panela instantánea	 Agua de panela					 Refresco de panela
	 Bebida de panela							
Cacao	 Cacao	 Chocolate caliente						

Figura 2.4. Preparaciones y productos obtenidos al procesar una materia prima cruda a nivel casero o industrial.

Ubicación geográfica de las materias primas y preparaciones en las diferentes regiones de Colombia

Las preparaciones citadas y clasificadas anteriormente se visualizan en la figura 2.5. En cada región, se incluyen las preparaciones tradicionales que pueden presentar acrilamida.

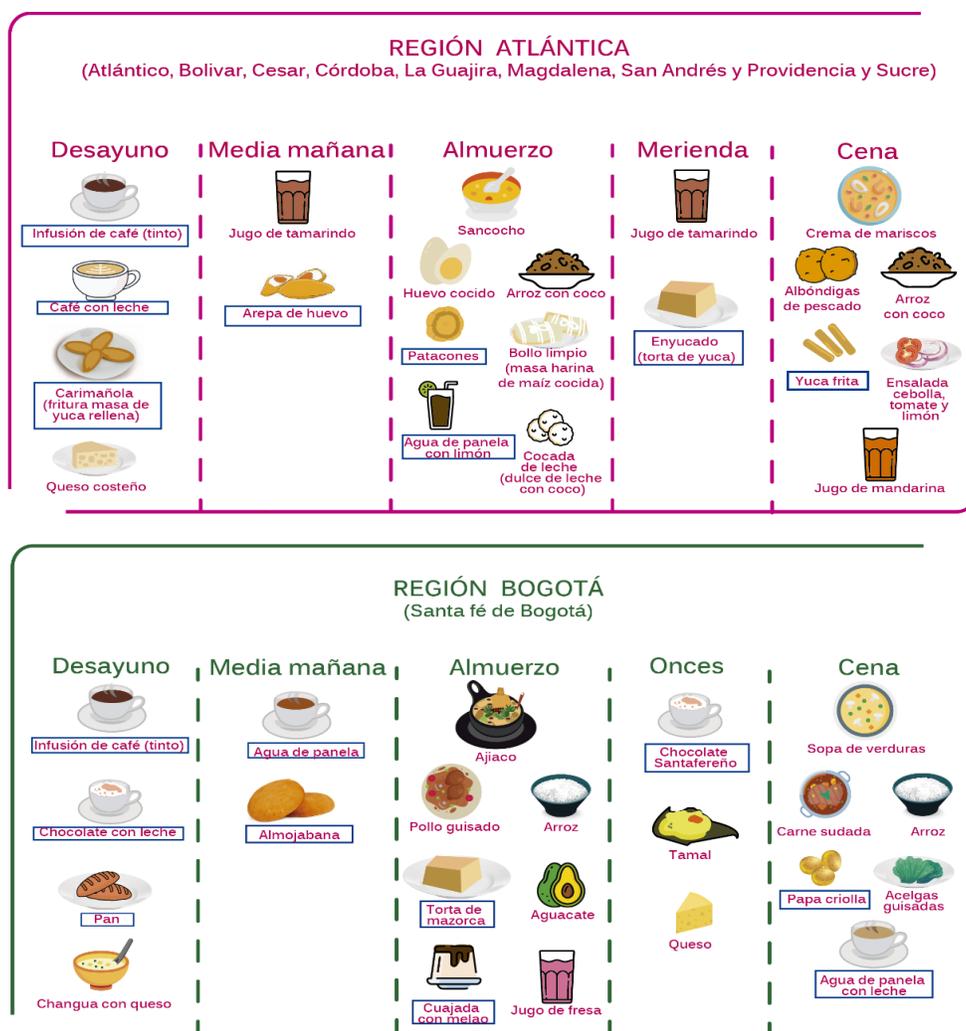


Figura 2.5. Clasificación de las preparaciones tradicionales en Colombia por regiones según materia prima principal.

Diseño de un menú típico de la alimentación tradicional de las diferentes regiones de Colombia

Tradicionalmente la estructura de las comidas en Colombia se ha caracterizado por la realización de tres comidas principales: desayuno, almuerzo y cena. De manera opcional: media mañana y merienda. En este contexto, se diseñó un menú típico tradicional por región para identificar las preparaciones que podrían contribuir a la ingesta de acrilamida de la dieta diaria. El número de preparaciones, con respecto al número de alimentos y/o platos que se consumirían en un día, y que podrían tener interés para ser analizadas en el menú tradicional propuesto son: Atlántica (8/21); Bogotá(10/22); Central(7/16), Oriental(8/21); Orinoquía (7/20); Pacífica (10/20)

La figura 2.6 muestra los resultados de este diseño y resalta en los nombres de los productos enmarcados aquellos con posible presencia de acrilamida.



 Alimentos que contienen condiciones asociadas a la presencia de Acrilamida

REGIÓN CENTRAL
(Antioquia, Caldas, Caquetá, Huila, Quindío, Risaralda y Tolima)

Desayuno

-  Infusión de café (tinto)
-  Chocolate con leche
-  Tamal
-  Arepas

Media mañana

-  Avena
-  Bunuelos (masa de harina de maíz y queso frita)

Almuerzo

-  Bandeja paisa
-  Limonada

Merienda

-  Candil (bebida de leche, huevo y panela)
-  Bizcochuelo

Cena

-  Sopa de arroz
-  Bagre en salsa
-  Arroz
-  Torta de maíz chocolo
-  Ensalada de zanahoria y tomate
-  Jugo de mandarina

REGIÓN ORIENTAL
(Santanderes y Boyacá)

Desayuno

-  Infusión de café (tinto)
-  Chocolate con leche
-  Arepa Boyacence
-  Caldo de papa, leche y huevo

Media mañana

-  Bocadillo veleño
-  Queso

Almuerzo

-  Cuchuco de cebada (sopa de verduras, costilla de cerdo, grano partido de cebada)
-  Carne guisada
-  Arroz
-  Papa chorreada
-  Calabaza guisada
-  Dulce de papayuela
-  Jugo de mora

Merienda

-  Canelazo
-  Almojabana

Cena

-  Sopa de habas
-  Sobrebarriga sudada
-  Arroz
-  Torrejas de leche
-  Pepino relleno
-  Jugo tomate de árbol

 Alimentos que contienen condiciones asociadas a la presencia de Acrilamida



Alimentos que contienen condiciones asociadas a la presencia de Acrilamida

Figura 2.6. Menús de preparaciones tradicionales por regiones.

III. 2.3 DISCUSIÓN

El estudio de la oferta gastronómica regional colombiana ha permitido identificar una gran cantidad de preparaciones y alimentos. Tal variedad, evidencia la diversidad regional en los productos y las formas de preparación propias de un país con diferentes tradiciones culturales, así como con una oferta alimentaria muy rica. De este modo, la revisión adelantada permitió revisar 767 alimentos y preparaciones tradicionales. A partir de ello, se observa un mayor número de preparaciones procedentes de las regiones Pacífica, Oriental, Central y Atlántica, territorios que históricamente han contado con mayor cantidad de población (Goueset, 1998; DANE, 2022) y donde han confluído los procesos de migración e intercambio cultural más acentuados (Ordoñez, 2012). Respecto al tipo de preparaciones, predominan los platos que corresponden a preparaciones laboriosas elaboradas con recetas regionales y los aperitivos y principios, los cuales abarcan una variedad de guarniciones que conforman y acompañan la preparación principal del plato fuerte (Ordoñez, 2012). Las preparaciones tradicionales se elaboran con cereales, tubérculos, raíces y plátanos, como principales materias primas, seguidas a distancia de carnes y frutas. En menor proporción, se encuentran bebidas elaboradas con café, panela, cereales y frutas; además de sopas que incluyen cereales, tubérculos, carnes y verduras. Esta conformación permite ver el influjo de la tradición y patrones alimenticios gastronómicos procedentes del Viejo Mundo, especialmente español, integrado con alimentos originarios de América (Patiño, 2012). La matriz alimentaria forma parte de un proceso de mestizaje culinario que ha propiciado la incorporación de ingredientes y técnicas de cocción que han traído diferentes migraciones. (Ordoñez, 2012) (Rojas de Perdomo, 1993).

Las descripciones de las plazas de mercado, del siglo XIX referían la venta de alimentos como azúcar, sal, yuca, legumbres, gallinas, huevos, pescados, plátanos, pavos, cerdos, yuca, maíz, cebada, trigo y cacao, así como la oferta de platos listos para consumir como fritanga, chicharrones, patata criolla, pasteles y maíz tostado. Se indicaba una alta demanda de carnes y poca de verduras (Restrepo, 2015). En este estudio puso de manifiesto que actualmente, las preparaciones tradicionales, incluyen gran parte de estos alimentos. El arroz, maíz y trigo son ingredientes de uso común en todo el país, así como las patatas, yuca o plátano y constituyen la base de gran parte de los platos. Dependiendo de la región hay uno u otro tipo de carne, fruta, verdura o pescado; por ejemplo, Atlántica y Pacífica, con acceso a los océanos del mismo nombre, destacan por sus preparaciones a base de pescados y mariscos; Orinoquía y Amazonía, incluye platos con pescados de agua dulce (cachama y pirarucú), carnes de animales nativos y frutas exóticas; la región Oriental carnes de cabrito, cordero y cerdo y las regiones de Bogotá y Central preparaciones con aves, patatas y leguminosas. Cabe destacar que dentro de las materias primas de mayor uso se identifican el café, chocolate y panela que utilizan para la elaboración de bebidas tradicionales que acompañan los platos principales.

En lo que respecta al uso de los métodos de cocción, las frituras proceden principalmente de las prácticas culinarias del viejo mundo, mientras que técnicas como el hervido o asado a la plancha son empleadas desde tiempos prehispánicos. La revisión realizada, recoge las preparaciones de las comidas tradicionales. La variedad de métodos es reducida, se observa que el 38-50% de las

preparaciones corresponden a productos hervidos o estofados, seguidos por las frituras, asados a la plancha y los horneados (36-49%). Se identifica una mayor presencia de frituras en la Costa Atlántica, un área con gran influencia europea y africana en su cocina, mientras que los horneados son productos propios de las regiones centrales y de Bogotá. En los Llanos Orientales de la región de Orinoquía sobresale el uso del asado a la plancha. A partir de estos resultados este estudio encuentra que el hervido y la fritura son los métodos más empleados en la elaboración de platos tradicionales colombianos.

Los platos tradicionales colombianos se configuran a partir de la disponibilidad de alimentos del entorno, la combinación de ingredientes y las formas de preparación (ICBF-UN, 2017). A partir de esta revisión se identificaron materias primas hidrocarbonadas y técnicas culinarias de cocción que podrían relacionarse con la generación de acrilamida. Los cereales; las raíces, tubérculos y plátanos; las bebidas estimulantes como café y chocolate y la panela son los alimentos o grupos de alimentos que por su composición son de interés para el estudio de acrilamida en la dieta colombiana. Un aspecto a considerar es que estos alimentos son reportados dentro de los alimentos de mayor consumo en el país por parte de todos los grupos de edad (ICBF, 2020) y se consumen en preparaciones tales como patatas fritas, patatas criollas doradas, plátanos tipo chip o tajados fritos, yuca frita, croquetas de arroz, arepas y bebidas como el café, el chocolate o el agua de panela, entre otras.

Las características particulares de las preparaciones tradicionales de diferentes países, así como sus métodos de elaboración y cocción han motivado el estudio y determinación de acrilamida en platos tradicionales. Tal ha sido el caso de Siria (Ayman et al., 2016), Brasil (Arisseto et al., 2007), Suiza (Eicher et al., 2020), Arabia Saudita (El-Ziney et al., 2009) y países caribeños (Bent et al., 2012). Colombia cuenta con determinaciones de acrilamida en alimentos, principalmente productos comerciales, pero los datos en relación con alimentos tradicionales, preparados en condiciones domésticas, son muy escasos. En razón a ello, este trabajo evaluó, en preparaciones colombianas, la presencia de factores asociados con la formación de acrilamida, por ejemplo, cuando son tratados a temperaturas superiores a los 100°C, son de naturaleza hidrocarbonada y/o contienen aminoácidos libres, concretamente, asparagina.

La elaboración de líneas de procesado de las materias primas hidrocarbonadas seleccionadas permitió identificar que estas pueden ser utilizadas como ingredientes de platos elaborados en casa, por métodos húmedos o secos o procesadas industrialmente, condiciones que determinan sus características y composición. Las patatas y los plátanos son los alimentos con mayor diversidad de productos obtenidos tanto a nivel casero como industrial. Por el contrario, el café molido, la panela y el cacao son materias primas que el consumidor recibe tratadas previamente y con las que prepara bebidas por procesos de dilución. La consideración de la procedencia de la preparación es importante en un país como Colombia en el que los procesos de occidentalización de las dietas y el posicionamiento de las comidas rápidas ha generado mayor consumo de alimentos industrializados y una disminución en el consumo de comidas tradicionales elaboradas en casa (OECD, 2022).

La revisión realizada permitió también representar gráficamente mapas con las materias primas asociadas con la posible generación de acrilamida, así como diversas preparaciones tradicionales colombianas atendiendo a su procedencia y denominación configurando de esta forma menús representativos de cada región. Este es un aporte novedoso que favorece la identificación de las preparaciones tradicionales, el reconocimiento de las materias primas implicadas en su preparación y que da lugar a un campo aún por explorar y desarrollar en el contexto del análisis de alimentos elaborados con prácticas tradicionales autóctonas del país, que constituye un importante grupo de alimentos consumidos en Colombia, de acuerdo con la revisión realizada en la encuesta ENSIN, 2015.

Del mismo modo, se incluyeron algunos menús regionales, representados en las correspondientes figuras, que ejemplifican la participación en la dieta de alimentos y/o preparaciones, con condiciones asociadas a la presencia de acrilamida. Se encontró, que entre el 36-50% de las preparaciones podrían aportar al riesgo potencial de ingesta de acrilamida para los menús propuestos. Las preparaciones asociadas corresponden principalmente a bebidas, tubérculos, raíces o plátanos fritos y masas asadas, horneadas o fritas. Estos datos, aunque son una primera aproximación, deben ser contrastados con estudios más detallados de dieta, con representatividad regional. El reconocimiento de los ingredientes, modos de preparación y tratamientos culinarios son aspectos importantes que deberían ser consideradas para el planteamiento de medidas de mitigación y de recomendaciones en el marco de la salud pública.

La revisión bibliográfica incluyó fuentes de gran relevancia histórica y documental para el país que permitió cumplir con el objeto de identificar preparaciones y formas de elaboración tradicionales asociadas a la formación de acrilamida. La información recolectada, aunque en principio limitada, procede de tres de las principales publicaciones del país y se complementa con recetarios y libros de gastronomía colombiana que son las fuentes disponibles en el país.

III. 2.4 CONCLUSIONES

1. Se ha estudiado la cultura gastronómica de la cocina tradicional de Colombia, lo que ha permitido conocer la procedencia y características de las preparaciones más frecuentemente consumidas en este país.
2. La caracterización de estas preparaciones ha permitido revelar, además, que entre el 36% y el 50% de los alimentos o preparaciones, según regiones del país, contenían ingredientes asociados a la formación de acrilamida.
3. Entre los tratamientos culinarios destacaron los que alcanzan temperaturas superiores a 120°C (fritura, plancha y horneado), aplicados según regiones, a un 36%-49% de las preparaciones tradicionales colombianas.

III.2.5 BIBLIOGRAFÍA

- Arisseto, A. P., Toledo, M. C., Govaert, Y., Van Loco, J., Fraselle, S., Weverbergh, E., & Degroot, J. M. (2007). Determination of acrylamide levels in selected foods in Brazil. *Food Additives and Contaminants*, 24(3), 236–241. <https://doi.org/10.1080/02652030601053170>
- Ayman, H., Wang, H., Al-Hajj, N. Q. M., & Koko, M. Y. F. (2016). Determination of acrylamide levels in selected commercial and traditional foods in Syria. *Tropical Journal of Pharmaceutical Research*, 15(6), 1275–1281. <https://doi.org/10.4314/tjpr.v15i6.21>
- Bent, G. A., Maragh, P., & Dasgupta, T. (2012). Acrylamide in Caribbean foods - Residual levels and their relation to reducing sugar and asparagine content. *Food Chemistry*, 133(2), 451–457. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2012.01.067>
- Colombia, B. de la R. (2022). *Población*. <https://www.banrep.gov.co/es/estadisticas/poblacion>
- Eicher, A., Biedermann, M., Suter, G., Felder, F., Stalder, U., & McCombie, G. (2020). Exposure to acrylamide from home-cooked food : fried potatoes (rösti) in Switzerland as an example. *Food Additives & Contaminants: Part A*, 37(12), 2061–2069. <https://doi.org/10.1080/19440049.2020.1828624>
- El-Ziney, M. G., Al-Turki, A. A., & Tawfik, M. S. (2009). Acrylamide status in selected traditional Saudi foods and infant milk and foods with estimation of daily exposure. *American Journal of Food Technology*, 4(5), 177–191. <https://doi.org/10.3923/ajft.2009.177.191>
- Goueset, V. (1998). Bogotá: nacimiento de una metrópoli : La originalidad del proceso de concentración urbana en Colombia en el siglo XX. *Bogotá: Nacimiento de Una Metrópoli*. <https://doi.org/10.4000/BOOKS.IFEA.3252>
- ICBF-UN. (2017). Caracterización y composición nutricional de 18 preparaciones tradicionales en la población colombiana. In *Icbf*. https://www.icbf.gov.co/sites/default/files/caracterizacion-composicion-18-preparaciones-tradicionales-icbf1_0.pdf
- ICBF. (2020). *Encuesta Nacional de la Situación Nutricional en Colombia (ENSIN) 2015*. Bogotá D.C.: Instituto Colombiano de Bienestar Familiar.
- OECD. (2022). *Panorama económico de Colombia*. <https://www.oecd.org/economy/panorama-economico-colombia/>
- Ordoñez Caicedo, C. (2012a). *Gran Libro de la Cocina Colombiana*. Ministerio de Cultura.
- Ordoñez Caicedo, C. (2012b). *Gran libro de la cocina de Colombia*. Ministerio de Cultura.
- Patiño, V. M. (2012). *Historia de la cultura material en la América Equinoccial. Tomo I Alimentación y alimentos*. Ministerio de cultura.
- Rojas de Perdomo, L. (1993). *Aportes alimenticios del Viejo al Nuevo Mundo*. Voluntad.
- Sánchez, E., & Sánchez, C. E. (2012). *Paseo de olla: recetas de las cocinas regionales de Colombia*. Ministerio de Cultura.

III.3. CAPÍTULO 3

DETERMINACIÓN DE ACRILAMIDA Y SUS PRECURSORES (AZÚCARES REDUCTORES Y ASPARAGINA) EN LOS DIFERENTES GRUPOS Y PREPARACIONES DE ALIMENTOS DE CONSUMO FRECUENTE EN COLOMBIA, PROCESADOS CON DIFERENTES INTENSIDADES DE TRATAMIENTO TÉRMICO Y ESTIMACIÓN DE LA INGESTA DIETÉTICA (Objetivo 3).

III.3.1. MATERIALES Y MÉTODOS

III.3.1.1. Muestras seleccionadas

Las muestras seleccionadas para la determinación de los precursores de acrilamida, acrilamida e indicadores de pardeamiento se definieron a partir del estudio y caracterización de la alimentación de la población colombiana, en cuanto a naturaleza de los alimentos, métodos de preparación, procesado y/o conservación, observados en las encuestas nacionales de situación alimentaria y nutricional de Colombia (ICBF, 2005) (ICBF, 2020) y en la encuesta COVIDiet, versión Colombia (Pertuz-Cruz *et al.*, 2021). Se analizaron muestras de 20 alimentos crudos, 20 preparaciones tradicionales y 9 alimentos comerciales de consumo frecuente.

Las muestras se adquirieron en supermercados e hipermercados que comercializan alimentos procedentes de todo el país ubicados en Bogotá-Colombia en el periodo comprendido entre febrero y abril de 2021. Las muestras, analizadas como materias primas, proceden de diferentes zonas del país y corresponden a:

- **Patatas o papas sabaneras (*Solanum tuberosum*), variedad Parda Sabanera.** Presentación comercial, bolsa de 1 kg

Tubérculos seleccionados, enteros y redondeados, de tamaño variable, que se caracterizan por tener una parte central medular de color blanco cremoso, piel lisa y morada con manchas amarillas oscuras. Son firmes, compactos y duros y conservan su forma luego de ser cocidos.

- **Patatas o papas pastusas, (*Solanum tuberosum*), variedad Parda Pastusa.** Presentación comercial, bolsa de 1 kg

Tubérculos seleccionados, enteros redondos y aplanados, de menor tamaño que la sabanera. Se caracterizan por tener una parte medular entre crema y rosa y una piel café oscura. Poseen una consistencia harinosa y luego de la cocción se deshacen con facilidad.

- **Patatas o papas criollas o amarillas (*Solanum phureja*), variedad Criolla Colombia.** Presentación comercial, bolsa de 1 kg

Tubérculos pequeños, de 25 x 35 mm de diámetro, originarios de Colombia, de piel delgada y color amarillo. Son blandas y harinosas.

- **Papas o patatas francesas prefreídas y congeladas.** Presentación comercial, bolsa de 1,5 kg

Esta muestra corresponde a variedades de patatas colombianas seleccionadas, subdivididas en corte francés tradicional, de 9 x 9 mm y sometidas a un procesado preliminar de prefritura y

congelación. El fabricante sugiere los métodos de fritura, horneado y condiciones de procesamiento.

- **Yuca** (*Manihot esculenta*), **variedad Llanera**. Presentación comercial venta a granel por unidades.

Raíces tuberosas seleccionadas y pre-lavadas con alto contenido de almidón. Diferentes variedades son producidas en Colombia, pero la Llanera es una de las de mayor consumo. Las raíces son gruesas y compactas, tienen pulpa blanca y cáscara, con varias capas de color blanco, rosado y café.

- **Plátano** (*Musa paradisiaca*), **variedad hartón**, en estado de madurez I (verde). Presentación comercial venta a granel por unidades.

Frutos cilíndricos, alargados, algo curvos, con peso entre 200 y 400 g, con piel gruesa, de color verdoso y pulpa crema. Tienen consistencia harinosa y sabor neutro.

- **Plátano** (*Musa paradisiaca*), **variedad hartón**, en estado de madurez IV (maduro). Su superficie es predominante amarilla, con algunas trazas de color verde y manchas negras. Presentación comercial venta a granel por unidades.

Frutos cilíndricos, alargados, algo curvos, con peso entre 200 y 400 g, con piel gruesa, de color amarillo, con vértices negros, y pulpa crema rosada. Tienen consistencia blanda y sabor dulce.

- **Mazorca de maíz** (*Zea mays*). Mazorca de granos tiernos, producida en Colombia. Presentación comercial venta a granel por unidades.

El choclo corresponde a los granos de maíz blando y lechoso, recién cosechado, obtenido directamente de las mazorcas.

Para su análisis las muestras de patatas y plátano fueron lavadas, decorticadas y trituradas para su análisis. La yuca fue pelada, cortada verticalmente y desvenada (se le retiró la fibra central que atraviesa la raíz). A las mazorcas se les retiró el penacho, las cáscaras y fueron desgranadas. Tanto la yuca como los granos de maíz fueron triturados.

- **Arroz blanco**. Presentación comercial bolsa de polietileno de 1,0 kg.

Arroz blanco, predominantemente entero o excelso, seleccionado, descascarado, de grano ovalado. Para su análisis el arroz fue molido.

- **Harinas de maíz blanca o amarilla precocida extrafina**. Presentación comercial bolsa de polietileno de 500 g

Harina de maíz blanco o amarilla extrafina, sin conservantes, saborizantes, ni colorantes. Se elabora mediante cocción del grano de maíz (blanco o amarillo), su posterior secado y molido.

- **Harina de trigo**. Presentación comercial bolsa de 1 kg

Harina de trigo especial para elaboración de productos de panadería, hojaldres, masas y galletas. Es una harina con una fuerza media.

- **Almidón o fécula de maíz**. Presentación comercial, caja de 380 g

Almidón obtenido a partir del tratamiento húmedo, secado y molido del endospermo del maíz. Contiene sulfitos.

- **Almidón de yuca.** Presentación comercial caja de 300 g

Almidón obtenido a partir del tratamiento húmedo, fermentado y secado de las raíces de yuca.

- **Almidón de achira.** Presentación comercial bolsa de polietileno de 1,0 kg.

Almidón obtenido a partir del tratamiento húmedo, fermentado y secado de las raíces de achira

- **Café molido excelso colombiano, variedad arábica.** Presentación comercial empaque flexible de 500 g

Café tradicional de tueste oscuro y molienda fina que cuenta con intenso sabor y aroma.

- **Café soluble colombiano.** Presentación comercial frasco de 200 g

Mezcla de granos de café arábica y robusta, sometidos a un proceso de secado, molienda, elaboración y deshidratación que lo transforman en un café soluble.

- **Chocolate de mesa con azúcar, sabor tradicional.** Presentación comercial bolsa de 250 g

Chocolate de mesa con azúcar, manteca de cacao, emulsionante (lecitina de soya) y sabor natural (canela).

- **Panela en bloque.** Presentación comercial, unidad de por 500 g

Edulcorante sin refinar elaborado a partir del jugo de caña de azúcar que se evapora y concentra hasta su solidificación.

- **Panela instantánea.** Presentación comercial bolsa de 500 g

Panela pulverizada lista para ser adicionada a bebidas como edulcorante.

Se adquirieron 5 kg de todos los alimentos en sus presentaciones comerciales. Por su naturaleza perecedera o semiperecedera las muestras de patatas, yuca, plátano y mazorca se analizaron inmediatamente a su adquisición. Las muestras restantes, no perecederas, se almacenaron en una habitación fresca y seca hasta su análisis.

Con las materias primas anteriormente mencionadas se elaboraron las muestras de las preparaciones fritas, horneadas y asadas, así como las bebidas elaboradas con café, café soluble, agua de panela y chocolate del presente estudio.

Adicionalmente, considerando el consumo frecuente de algunos alimentos comerciales, de los cuales no se tenían datos de acrilamida, se analizaron muestras de productos como pan de arroz (amasijo horneado elaborado a partir de arroz molido); achiras (amasijo de almidón de achira), galletas con leche y maduritos (plátano maduro frito industrialmente).

Las características de las muestras pueden observarse en el anexo 3.1.

III.3.1.2. Métodos de procesamiento de las muestras

Estudios preliminares

Se realizaron estudios preliminares para establecer las condiciones de elaboración de las preparaciones. Para ello, se consideraron las formas de preparación tradicional, el método de cocción con el que frecuentemente se elaboran y las características de las materias primas. Se definieron aspectos tales como los tamaños y grosores de las muestras a preparar, la proporción de ingredientes, las características de los utensilios y equipos a utilizar durante la cocción, así como la cantidad de muestra. En lo que respecta al criterio para la definición de los niveles de intensidad de tratamiento aplicados, dado que la preferencia por el grado de dorado de los alimentos preparados en casa es variable; se consideraron los resultados obtenidos de una encuesta sobre prácticas de fritura, realizada a 53 consumidores y en la que se pudieron establecer tres niveles de preferencia: 52% prefería alimentos poco dorados, 42.8% medianamente dorados y el 4,8% muy dorados.

Las temperaturas y los tiempos para cada uno de los tres niveles de aplicación de calor ensayados se realizaron mediante el análisis visual del comportamiento de las matrices durante la cocción en cuanto a modificación de la textura, formación de capa o costra y color según las formas habituales de consumo de estas preparaciones.

Las primeras pruebas de fritura se realizaron con muestras de chips de plátano verde y churros monitorizando la temperatura mediante un Termómetro portátil TM 65 con sonda, marca Crison en los laboratorios de Bromatología y Nutrición de la Universidad de Granada y luego, se replicaron y ajustaron, en Bogotá.

Se definieron el tiempo de calentamiento del aceite, la temperatura inicial de procesado y la relación proporción de alimento/aceite. Para ello, se ensayaron tres tipos de aceites comerciales de uso común en los hogares colombianos:

- **Aceite vegetal marca comercial**®. Presentación comercial de 1000 ml

Mezcla de aceites vegetales refinados (aceite de soya y oleína de palma), antioxidante (TBHQ) y sinergista (ácido cítrico)

- **Aceite de girasol marca comercial**®. Presentación comercial de 1000 ml

Aceite vegetal de girasol, antioxidante (TBHQ)

- **Aceite marca comercial**®. Presentación comercial de 1000 ml

Mezcla de aceites vegetales (aceite de canola y girasol), antioxidante (tocoferoles), vitamina A, Vitamina D, Vitamina E, sinergista (ácido cítrico). Libre de TBQH y de ácidos grasos trans.

Las muestras de aceite fueron calentadas con el fin de observar el incremento de la temperatura en el tiempo y determinar el punto de humo. La prueba se repitió con adición de muestra (tostones de plátano verde) en aceite fresco y en aceite reutilizado teniendo en cuenta que en las encuestas los consumidores reportaron la práctica de utilizar varias veces el mismo aceite para una fritura. Finalmente se hicieron pruebas variando la relación alimento/aceite: 100:100, 100:150, 100:200.

Las pruebas de horneado se realizaron mediante el estudio previo de las condiciones de temperatura y tiempo de precalentamiento del horno, así como las condiciones de preparación, presentación y tiempos de tratamiento y el comportamiento de las muestras mediante observación visual.

Para el asado, se seleccionó el tipo de superficie de calentamiento, la cantidad de aceite adicionada para evitar la adherencia, el grosor y tamaño de la muestra, así como el tiempo e intensidad del tratamiento térmico.

Muestras procesadas

Método de fritura

Las frituras se realizaron conservando la relación alimento/aceite de 100:150 (m/m). El aceite marca comercial[®] (mezcla de aceite de soya y oleína de palma), con un uso previo (una fritura), se dispuso en sartenes de aluminio antiadherente de 16 cm de diámetro y se calentó, en hornilla eléctrica, hasta 200 °C, temperatura a la cual fue adicionada la muestra de alimento.

Se prepararon tres intensidades de tratamiento definidas por la variación en los tiempos de fritura. La elaboración de cada muestra y su respectivo duplicado se hicieron en forma simultánea. Las unidades de calentamiento se mantuvieron a fuego medio durante todo el proceso. Al final de la fritura de forma visual se valoraron las diferencias de color y grado de dorado alcanzado. Para todos los tratamientos se elaboraron dos muestras. El control de los pesos iniciales y finales de las muestras y del resto de aceite tras cada fritura se hizo con una balanza doméstica gramera digital. SC-2KGA/2000. La temperatura se controló mediante el uso del termómetro digital TEMCA 400 (Rango-50-300 °C) con sonda de temperatura.

Las características específicas de las muestras correspondientes a fritura, los métodos usados para su elaboración, los tiempos aplicados y las temperaturas al final de cada proceso para cada preparación son descritas en la tabla 3.1.

Tabla 3.1. Métodos de preparación y procesado de las *frituras* tradicionales.

Muestra	Código	Método de procesado	Tiempos de procesamiento (minutos)*/Temperatura (°C)			Tª media final (°C)***
			t ₁ /tª ₁	t ₂ /tª ₂	t ₃ /tª ₃	
Patata sabanera <i>frita</i> (Patatas a la francesa fritas)	PSAF	Los tubérculos fueron lavados, decorticados con ayuda de pelador de cocina manual, lavados nuevamente y cortados en bastones de grosor medio o “a la francesa” (aprox. de 7cm x 1 cm). Se dispusieron en un recipiente con tapa para evitar su pardeamiento y posteriormente se frieron.	10/152	15/170	20/188	170
Patata Parda pastusa <i>frita</i> (Patatas a la francesa fritas)	PPF	Los tubérculos fueron lavados, decorticados con ayuda de pelador de cocina manual, lavados nuevamente y cortados en bastones de grosor medio denominadas patatas tipo “francesa” (aprox. de 5 cm x 1 cm). Se dispusieron en un recipiente con tapa para evitar su pardeamiento y posteriormente se frieron.	5/160	10/164	15/180	168
Patata criolla <i>frita</i> (patatas criollas enteras fritas)	PCF	Las patatas, de tamaño homogéneo, fueron lavadas, sin retirar su piel. Se secaron y se frieron. Durante el proceso, por su naturaleza, la unidad de calentamiento se mantuvo en nivel bajo durante su fritura.	12/156	18/162	20/176	165
Patata criolla <i>dorada</i> (Patatas criollas enteras cocidas en agua y fritas)	PCD	Las patatas, de tamaño homogéneo, fueron lavadas, sin retirar su piel. Se pesaron seis muestras de aprox. 100 g y se cocieron en agua durante 20 minutos (91°C). Se sacaron, escurrieron y frieron.	3/155	5/158	8/166	160
Papa precocida <i>frita</i> (Patatas elaboradas con patatas colombianas prefreídas y congeladas)	PPF	Las papas precocidas, corte tipo francesa tradicional, grosor medio, de tamaño aprox. de (9 x 0,9 cm) se sacaron del refrigerador y se sometieron a fritura.	6/169	9/170	11/178	172
Plátano hartón verde <i>frito</i> (Plátano frito en forma de moneditas o chips)	PVM	Plátanos verdes se pelaron manualmente y se cortaron en rodajas finas con grosor de aprox. 3 mm de diámetro y se sometieron a fritura)	6/160	8/165	10/170	165
Plátano hartón verde <i>frito</i> -Patacón- (Plátano verde sometido a dos frituras y que se presenta en forma de tostón)	PVP	Los plátanos verdes se lavaron, pelaron manualmente y se cortaron en trozos, en forma de cilindro, de aprox.7 cm de longitud. Se sometieron a una primera fritura por inmersión durante 5 minutos, en intensidad baja, para favorecer su cocción. Posteriormente, los trozos se retiraron del aceite, se dispusieron en forma horizontal y se oprimieron con un utensilio casero: “pataconera”, hasta dejarlos planos, en forma de tostones.	10/158	15/169	20/175	167
Plátano hartón maduro <i>frito</i> (Plátano maduro frito en forma de moneditas o chips)	PMF	Plátanos maduros se lavaron, pelaron manualmente y se cortaron en rodajas finas con grosor de aprox. 3 mm de diámetro y se frieron.	4/155	6/158	7/162	158

Muestra	Código	Método de procesado	Tiempos de procesamiento (minutos)* / Temperatura (°C)			Tª media final (°C)***
			t ₁ /t ^a ₁	t ₂ /t ^a ₂	t ₃ /t ^a ₃	
Plátano hartón maduro <i>frito</i>-Patacón (Plátano maduro sometido a dos frituras y que se presenta en forma de tostón)	PMP	Se siguió el mismo procedimiento referido en patacones de plátano verde con hartón maduro variando los tiempos de tratamiento.	12/156	14/158	16/165	160
Yuca <i>frita</i> (Raíces de yuca fritas en forma de bastones)	YF	Las raíces se lavaron y decortaron manualmente. Se subdividieron en mitades para retirarle la nervadura central y se cortaron en finos bastones de aprox. 8 cm de largo x 1 cm de grosor. Posteriormente se frieron.	10/165	15/170	20/190	175
Arepa de maíz <i>frita</i> amarilla (Masa de harina de maíz amarillo de forma circular o semi-aplanada que se puede freír o asar)	AMAF	Se mezcló manualmente 500 g de harina de maíz precocida con 360 ml de agua y sal hasta obtener una masa suave y consistente que se dejó reposar durante 5 minutos. Se dividió la masa, se formaron esferas, de aprox. 10cms de Ø, y se aplanaron hasta obtener discos de aproximadamente 1 cm de grosor que se sometieron a fritura.	8/168	10/171	15/178	173
Arepa de maíz <i>frita</i> blanca (Masa de harina de maíz blanco de forma circular o semi-aplanada que se puede freír o asar)	AMBF	Se mezcló manualmente 500 g de harina de maíz precocida con 360 ml de agua y sal hasta obtener una masa suave y consistente que se dejó reposar durante 5 minutos. Se dividió la masa, se formaron esferas, de aproximadamente 10cm de Ø, y se aplanaron hasta obtener discos de aprox. 1 cm de grosor que se sometieron a fritura.	10/165	15/170	20/175	170
Croquetas de arroz (Roscas de masa de arroz cocido <i>fritas</i>)	CAF	Se agregaron 300 g de arroz blanco pulido a 600 ml de agua hirviendo con 30 ml de aceite, sal y cebolla. Se cocinaron durante 25 minutos a fuego alto y durante 20 minutos a fuego bajo hasta obtener un grano suelto y abierto. Se dejó reposar durante 24 horas y se maceró hasta obtener una masa homogénea. Se moldearon en forma de roscas, de aprox. 8 cm de Ø, y se frieron.	10/156	12/161	15/164	160
Arepuelas de trigo (Mezcla <i>frita</i> de harina de trigo de formas redondeadas)	ATF	Se mezclaron 350 g de harina de trigo con 250 ml de leche y 30 g de azúcar hasta obtener una pasta viscosa. Se sometieron a fritura. Se obtuvieron masas redondeadas y planas de aprox. 3 cm de Ø.	6/160	8/168	10/173	167
Churros <i>fritos</i> (Masa obtenida a partir de harina de trigo, adicionada de azúcares fritas)	CHTF**	Se mezclaron 300 g de harina de trigo con 300 ml de agua y 50 g de azúcar hasta obtener una masa suave. Se dejó reposar en el refrigerador (4°C) durante 6 horas. Se formaron tiras de masa de aprox. 1 cm de grosor y 10 cm de largo. Se unieron en sus puntas formando anillos. Cuatro muestras de 100 g (4-5 ud. de aprox. 20g) fueron sometidas a fritura.		5/178	8/182	180

* Corresponde al tiempo en que cada muestra fue sometida a calentamiento (datos de segunda fritura)

**En esta preparación solo se dejaron dos niveles de intensidad de calor (5 y 8 minutos). El tiempo de 2 minutos era insuficiente y por encima de 8 minutos se consideraba excesivo o quemado.

***Valor medio de temperaturas determinadas al finalizar el proceso de fritura

Método de asado

Las preparaciones asadas se elaboraron siguiendo recetas tradicionales básicas de los productos. De cada una de ellas se aplicaron tres tratamientos, con variación en los tiempos de procesamiento, con su respectivo duplicado. Se hicieron utilizando una plancha o asador doméstico (rango de temperatura inicial aproximada entre 180°C y 190°C). Los pesos se tomaron con una balanza doméstica gramera digital. SC-2KGA/2000. Las condiciones de procesamiento se detallan en la Tabla 3.2.

Tabla 3.2. Métodos de preparación y procesado asado a la plancha tradicionales.

Muestra	Código	Método de procesado	Tiempos de procesamiento (minutos)*			Temperatura precalentamiento plancha
			t ₁	t ₂	t ₃	T ^a °C
Arepa de maíz <u>asada</u> amarilla (Masa de harina de maíz amarillo de forma circular que se asan)	AMAA	Se mezcló manualmente 500 g de harina de maíz precocida con 360 ml de agua y sal hasta obtener una masa suave y consistente que se dejó reposar durante 5 minutos. Se dividió la masa, se formaron esferas, de aprox. 10cms de Ø, y se aplanaron hasta obtener discos de aprox. 1 cm de grosor que se sometieron a asado.	12	14	20	170-180
Arepa de maíz <u>asada</u> blanca (Masa de harina de maíz blanco de forma circular o semi-aplanada que se asan)	AMBA	Se mezcló manualmente 500 g de harina de maíz precocida con 360 ml de agua y sal hasta obtener una masa suave y consistente que se dejó reposar durante 5 minutos. Se dividió la masa, se formaron esferas, de aproximadamente 10cm de Ø, y se aplanaron hasta obtener discos de aprox. 1 cm de grosor que se sometieron a asado.	12	14	20	170-180
Arepa <u>asada</u> de choclo (Mezcla fluida de mazorca licuada, endulzada y asada)	AMCHA	Se mezcló 350 g de granos frescos de mazorca (maíz choclo) en una licuadora doméstica (Marca Oster BRLY07 1.5 L) con 30 g de panela y 25 g de mantequilla. La mezcla se dispuso, con ayuda de una cuchara, en la plancha caliente, sin adición de aceite. Se obtuvieron arepuelas de aprox. 12 cm de Ø muy delgadas.	8	10	12	170-180

Método de horneado

Para la elaboración de estas muestras se utilizó un horno eléctrico (Marca Black&Decker. Extra-Wide 86). Los pesos de las muestras se tomaron con una balanza gramera digital. SC-2KGA/2000. Previo a cada preparación el horno fue precalentado y la temperatura ajustada según la preparación. También se corroboró mediante el uso del termómetro digital TEMCA 400 (Rango 50- 300°C) con

sonda de temperatura. Para cada preparación se aplicaron tres tratamientos con su respectivo duplicado. En la tabla 3.3 se detallan las condiciones de procesamiento.

Tabla 3.3. Métodos de preparación y procesado horneados tradicionales.

Muestra	Código	Método de procesado	Precalentamiento horno T ^a (°C) / tiempo(min)	Tiempos de procesamiento (minutos)*			Temperatura final (°C)
				t ₁	t ₂	t ₃	
Plátano hartón maduro asado <u>al horno</u> (Plátano maduro asado en forma de cilindros)	PAM	Plátanos maduros se lavaron, pelaron manualmente y se cortaron en rodajas finas con grosor de aprox. 3 mm de diámetro y se dispusieron horno eléctrico.	180(15)	20	25	30	232
Pan de Yuca (Masa <u>horneada</u> , en forma de semicírculos)	PYH	Masa elaborada mediante mezcla de almidón de yuca, leche y queso, dispuesta en forma de medialunas e introducidas en un horno eléctrico.	204(15)	20	25	30	220

Todas las muestras se dejaron enfriar a temperatura ambiente, se pesaron, se envasaron a vacío mediante equipo de vacío (Sellador al Vacío Hamilton Beach Nutrifresh) y se almacenaron a -18°C hasta su transporte y análisis. El procesamiento de las muestras se observa en el anexo 3.2. y los productos obtenidos en el anexo 3.1. Una vez recepcionadas en España se corroboró nuevamente la humedad a las muestras, se desgrasaron y almacenaron trituradas o molidas a -40°C.

III.3.1.3. Determinaciones analíticas

Todas las muestras fueron analizadas, como mínimo por duplicado.

III.3.1.3.1 Determinaciones analíticas en materias primas

III.3.1.3.1.1 Determinación del contenido de humedad

Fundamento

Medida de la pérdida de peso de la muestra, expresada en porcentaje, debido a la evaporación de agua, por calentamiento en estufa con circulación forzada de aire, en condiciones normalizadas.

Material y equipos

- Balanza analítica electrónica marca OHAUS, procedencia USA, modelo EX 623. capacidad x 0,001 g de lectura mínima.
- Molino marca Cuisinart Dcg-20bkn.
- Pesasustancias de vidrio.
- Estufa de secado. Marca Memmert, modelo U40.
- Desecador provisto de gel de sílice.

Procedimiento

Se pesan con exactitud 5 gramos aproximadamente de muestra molida o triturada con balanza analítica en cápsulas de vidrio (previamente secadas en estufa, durante 2 horas a 103 ° C y dispuestas en desecador hasta temperatura ambiente). Se introduce la cápsula en la estufa a 130 ± 3 ° C (cereales y harinas) o a 100° ± 2 ° C (tubérculos, raíces, plátanos, café y chocolate) o a 60° ± 2 ° C para panela. Se desecan durante 3 horas. Transcurrido este tiempo, se saca la cápsula de la estufa, se deja en desecador y se pesa cuando haya alcanzado la temperatura ambiente. Repetir este procedimiento consecutivamente, cada hora, hasta obtener peso constante.

Cálculos

El contenido de humedad de la muestra se calcula por la estimación de la variación de peso

$$\% \text{ humedad} = \frac{(P2 - P3)}{P2 - P1} \times 100$$

Dónde:

P1= Peso en gramos de la cápsula vacía

P2= Peso en gramos cápsula +muestra

P3= Peso en gramos de cápsula + muestra después del secado

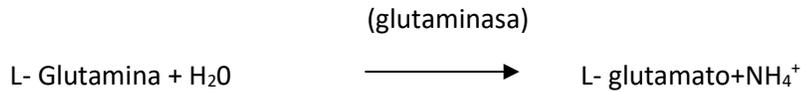
III.3.1.3.1.2. Determinación del contenido de asparagina

Fundamento

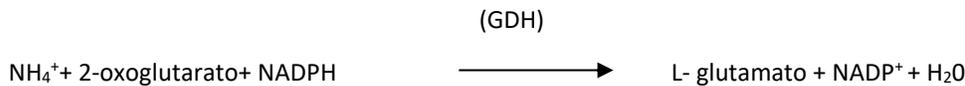
Hidrólisis enzimática de la L-asparagina en iones de amonio y L-aspartato mediante acción de la asparaginasa, reacción de los iones amonio producidos con 2-oxoglutarato y nicotinamida-adenina dinucleótido fosfato (NADPH) y glutamato deshidrogenasa (GDH) que produce una disminución en la absorbancia a λ 340 nm debido a la oxidación del NADPH. Previamente se elimina la glutamina en un proceso similar para evitar su interferencia.

El método se produce en tres etapas:

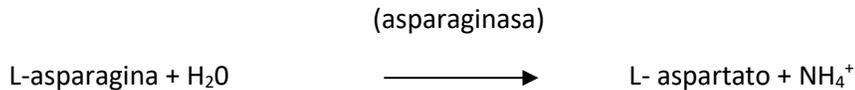
1. Paso de L-glutamina en L- glutamato e iones de amonio (NH_4^+) mediante un gran exceso de glutaminasa



2. En presencia de nicotinamida-adenina dinucleótido fosfato reducido (NADPH) y glutamato deshidrogenasa (GDH), el amoniaco de la muestra y también el formado en la etapa 1 reacciona con 2-oxoglutarato para formar L-glutamato y NADP^+ . En este caso, es el consumo de NADPH lo que se mide por la disminución de la absorbancia a λ 340nm.



3. La asparaginasa hidroliza rápidamente la L-asparagina en iones amonio y L-aspartato. Los iones amonio liberados reaccionan produciendo una caída adicional de la absorbancia que es estequiométrica con la cantidad de L-asparagina.



Material y equipos

- Frascos volumétricos de rosca (50 mL, 100 mL, 500 mL), tapones y papel de filtro.
- Micropipetas BOECO GP de 10 - 100 μl y de 20 - 200 μl .
- pH metro digital portátil. Thermo Scientific. Orion Star A221.
- Balanza analítica electrónica marca OHAUS, procedencia USA, modelo EX 623. capacidad x 0,001 g de lectura mínima.
- Espectrofotómetro Vis/UV Termostatizable (Shimadzu UV-1603. ref 583) con factor de platos a λ 340 nm.
- Cubetas para estrofotómetro de vidrio (1 cm paso de luz).
- Vortex. Marca Bender und Hobein Vortex Shaker Genie 2. Model G-560E.
- Baño de ultrasonido. Branson 200. Serie BL294.
- Placa de agitación marca DRAGONLab MS-H-S10.

Reactivos

Kit comercial, K-ASNAN L-Asparagine/L-Glutamine/Ammonia (RAPID) Megazyme®, Illinois, USA que incluye:

- Buffer, pH 4,9 estabilizado con azida de sodio. Estabilidad > a 2 años a 4°C.
- Buffer, pH 8,0 estabilizado con oxoglutarato y azida de sodio (0.02% p/V). Estabilidad > a 2 años a 4°C.
- NADPH liofilizado (disuelto posteriormente en 12 mL de H₂O destilada. Estabilidad > a 2 años a 4°C.
- Suspensión de glutaminasa. Estabilidad > a 2 años a 4°C.
- Suspensión de glutamato deshidrogenasa. Estabilidad > a 2 años a 4°C.
- Suspensión de asparaginasa. Estabilidad > a 2 años a 4°C.
- Solución estándar de amonio (0,04 mg/mL) en Azida de sodio (0,02% p/V). Estabilidad > a 2 años a 4°C.
- Control de L-Asparagina. Para su uso se disuelven 0,300 g en 1 litro de agua destilada y se mezclan en un matraz volumétrico. Estabilidad aproximada: 3 meses a -10°C.

Procedimiento

Preparación de las muestras

Para la preparación de las muestras de productos frescos como tubérculos, raíces y plátanos se pesan con exactitud 10 gramos aproximadamente de alimento en un matraz de 100 mL, se agregan 20 mL de ácido perclórico 1M y se homogenizan durante 2 minutos. Se ajusta el pH a aproximadamente 8,0 usando KOH 2M. Se transfiere la mezcla a un balón aforado de 100 mL. Ajustar el nivel de la grasa dejando la marca del agua y asegurando, que, de tener grasa, esta se perciba por encima del enrase. Posteriormente se almacena en hielo durante 20 minutos, con el fin de precipitar el perclorato de potasio y separar la grasa. Filtrar y desechar los primeros 5 mL.

Las muestras sólidas como cereales, harinas, café y chocolate se pesaron con exactitud, aproximadamente 2,0 gramos en un frasco de 100 mL y se le adicionaron 60 mL de agua, se calentó a 60° C por 5 minutos. Enfriar, llevar a volumen, filtrar y desechar los primeros 5 mL.

Determinación de asparagina

Se puso el método a punto y se adaptó a partir del método referido por el fabricante del Kit Magazine® a las siguientes condiciones: longitud de onda λ 340, Microplatos para 96 pozos, Temperatura 25°C y volumen final de 2,36 mL.

Para la determinación de asparagina 30 μ L de muestra se disponen en cubetas de cuarzo (1 cm paso de luz) y se mezclan con 60 μ L de solución buffer pH 4,9 y 20 μ L de glutaminasa para evitar la interferencia de glutamina. Se deja en reposo durante 5 minutos a temperatura ambiente y se adicionan 410 μ L de agua destilada, 90 μ L de solución buffer pH 8,0 y 90 μ L de NADPH. Mezclar y dejar en reposo durante 5 minutos a temperatura ambiente, adicionar 20 μ L de suspensión del glutamato deshidrogenasa (GDH). Transcurridos 5 minutos leer las absorbancias a 340 nm usando el espectrofotómetro hasta obtener un valor estable. Finalmente, se adicionan 20 μ L de

asparaginasa y luego de 5 minutos se hace lectura de la absorción y se estima su descenso. Para cada muestra se preparó la cubeta con el blanco correspondiente, en la que se reemplazaba el volumen de muestra por un volumen equivalente de agua destilada.

Cálculos

La determinación de asparagina requiere la estimación del valor de ΔA_L -asparagina que se estima así:

$$\Delta AL - \text{asparagina} = (A2 - A3) \text{ GLN/ASN en muestra} - (A2 - A3) \text{ GLN/ASN en blanco}$$

La concentración de asparagina se estima con la siguiente fórmula:

$$c = \frac{V * MW}{\epsilon * d * v} * \Delta AL \left(\frac{g}{L}\right)$$

Dónde:

V= Volumen final (mL)

MW= peso molecular del analito (g/mol)

ϵ =Coeficiente de extinción molar de NADPH a 340nm= 6300 ($l * mol^{-1} * cm^{-1}$)

d= paso de luz (cm)

v= Volumen de la muestra

III.3.1.3.1.3. Método de determinación de azúcares reductores (Adaptación del método ISO 5377:1981 método de Lane and Eynon)

Fundamento

Titulación de un volumen definido de solución de Fehling con una disolución de muestra obtenida en condiciones específicas, utilizando azul de metileno como indicador interno.

Material y equipos

- Embudos, gradillas y tubos de centrifuga.
- Erlenmeyer de capacidad 250mL
- Bureta de 25 mL con subdivisiones de 0,05
- Pipetas de 1 y de 25mL
- Probetas de 100 mL
- Frascos volumétricos de 100mL, 500 mL y 1000 mL
- Homogenizador.
- Centrifuga EC Centra 4B Benchtop.
- Plancha de calentamiento y agitación Lab Line. Modelo 1266.

Reactivos

- D (+) Glucosa anhidra pura (Panreac) grado analítico.
- Etanol absoluto (EMSURE®) para análisis.
- Fehling A: 35 g de sulfato de cobre pentahidratado (CuSO₄ · 5 H₂O) (Panreac) en agua destilada, llevar a 500 mL
- Solución estándar de glucosa 0,5% (2,5g en 500 mL)
- Fehling B: solución alcalina de tartrato: 173 g de tartrato de sodio y potasio tetrahidratado (Panreac) y 50 g de hidróxido sódico (HACH) en 500 mL de H₂O destilada.
- Solución de azul de metileno al 1 %: 1 g de azul metileno en 100 mL de agua destilada.
- Hidróxido de sodio al 30%. Disolver 30 gramos en 100 mL de agua destilada.
- HCl: 1:1. Mezclar volúmenes iguales de ácido clorhídrico (HACH) con agua desionizada.

Preparación de la muestra

Para alimentos que no contienen almidón (café, chocolate y panela) se disuelven dos muestras, una de 1 gramo y otra de 3 gramos, en agua desionizada en un matraz aforado de 100 mL. La muestra de chocolate se desengrasa previamente.

Para alimentos que contienen almidón se pesan dos muestras, una de 3 gramos y otra de 5 gramos que se disponen en tubos de centrifuga de 50 mL y se les adicionaron 20 mL de etanol y 20 mL de agua. Se centrifugaron 10 min a 5000 rpm/5°C, se filtraron y se llevaron a 100 mL con agua desionizada. En el caso de las patatas, variedad pastusa y sabanera, se pesaron 10 gramos de muestra.

Procedimiento

Estandarización de la solución de Fehling

En un erlenmeyer se adicionan 5 mL de Fehling A y 5 mL de Fehling B, se incorporan perlas de vidrio para no sobrecalentar y evitar la formación de espuma y 5 gotas de azul de metileno al 1%. Se calienta y se comienza a titular con la solución de referencia de glucosa al 0,5% hasta que el líquido hierva y el líquido sobrenadante quede completamente incoloro (el indicador es reducido y pierde color o vira).

Análisis de muestras

Repetir el proceso rellenando la bureta con la muestra.

Cálculo:

El contenido de azúcares reductores, expresado en %, se estima mediante la siguiente fórmula:

$$\%AR = \frac{(Vb - Vgm) (\text{peso glucosa}) \div \text{Vol final glucosa}}{\text{aliquota}(ml) * \text{Peso muestra}} * 100 * 100$$

Dónde:

Vb= volumen gastado de glucosa como blanco

Vgm= Volumen gastado muestra en mL para titulación.

III.3.1.3.1.4. Determinación de pH

Fundamento

Medida con potenciómetro de la diferencia de potencial que existe entre dos electrodos uno de ellos sensible a los iones hidrógeno.

Material y equipos

- pH metro digital portátil. Thermo Scientific. Orion Star A221.
- Electrodo de medición de pH.

Reactivos

- Soluciones tampón (Buffer 7,00 y Buffer 4,00)
- Agua desionizada
- Soluciones de mantenimiento del electrodo InLab®
- Solución de cloruro de potasio

Preparación de las muestras

Se toman 10 gramos de muestra triturada o molida, se disuelven en agua destilada fría, previamente hervida y se agitan durante media hora. Después de 10 minutos de reposo se hace la lectura de pH.

Procedimiento

- Calibrar el pH metro
- Lavar el electrodo con agua desionizada
- Ajustar la temperatura de la solución buffer de 7,0 a $20^{\circ}\text{C}\pm 1^{\circ}\text{C}$. Introducir el electrodo en la solución buffer. Dejar estabilizar la lectura y ajustar el valor.
- Ajustar la temperatura de la solución buffer de 4,0 a $20^{\circ}\text{C}\pm 1^{\circ}\text{C}$. Introducir el electrodo en la solución buffer. Dejar estabilizar la lectura y ajustar el valor.
- Ajustar la temperatura de la muestra a $20^{\circ}\text{C}\pm 1^{\circ}\text{C}$. Sumergir el electrodo. Dejar estabilizar el valor y hacer la lectura.
- Registrar la lectura y la temperatura a la que se toma

III.3.1.3.2. Determinaciones analíticas en preparaciones

III.3.1.3.2.1. Determinación de acrilamida.

Fundamento

Análisis de acrilamida mediante Cromatografía Líquida de Ultra-Alta Resolución - Espectrometría de Masa (UPLC-MS/MS). Adaptación del método de Liu *et. al* (2008)

Muestras

Se analizaron las muestras del apartado III.3.1.2.1 y las muestras comerciales referenciadas en apartado III.3.1.1.

Material y equipos

- Balanza analítica digital: modelo Entris 224I 1S marca Sartorius.
- Vortex. Marca Cleaver Scientific.
- Baño ultrasónico Bandelin/ Sonorex Acquity.
- Centrífuga Sigma 2-16 PK Sartorius.
- Rota vapor BUCHI. Modelo B-480.
- Cromatógrafo líquido de ultra-alta resolución con espectrómetro de masas (UPLC-MS/MS): modelo ACQUITY System I CLASS con detector de espectrómetro de masas con analizador de triple cuadrupolo (triple-quad) WATERS modelo XEVO TQ-XS. (Waters Co., Milford, MA)
- Columna cromatográfica: Allure acrylamide 5µm 150mm x 3.0 mm Column (Waters).
- Tubos de centrífuga de 50 mL.
- Matraces aforados de 50 mL
- Cartuchos de extracción en fase sólida: OASIS HLB (Waters).

Reactivos

- Acrilamida (con una pureza > 99.8%) (Sigma-Aldrich)
- Acrilamida marcada ($[^{13}\text{C}_3]$ -Acrilamida) (pureza 99%) (Sigma-Aldrich A-8887)
Disolución de acrilamida marcada de 2500 ppb en etanol para HPLC
- Acetonitrilo para HPLC (CH₃CN) (pureza >99.8%) (Merck)
- Etanol para HPLC (pureza >99.9%) (Merck).
- Metanol para HPLC (CH₃OH) (pureza >99.9%) (Merck)
- Cloruro sódico (NaCl) (pureza >99.5%) (Panreac)
- Sulfato magnésico anhidro (MgSO₄) (pureza >98 %) (Honeywell. Fluka)
- Agua Milli-Q (Facultad de Farmacia, Granada)

Procedimiento

Extracción:

Se pesan con exactitud 1 g aproximadamente de muestra triturada y desengrasada y se coloca en un tubo de centrifuga de 50 mL. Se le adicionan 9 mL de Agua Milli Q y 25 µl de disolución de acrilamida marcada ([2500 ppb¹³C₃]-acrilamida). Se agitan en el baño ultrasónico durante 20 minutos. Luego se añaden, a la mezcla anterior, 4 gramos de sulfato de magnesio y 0,5 gramos de cloruro de sodio y 10 mL de acetonitrilo. Se agita vigorosamente durante 1 minuto y se centrifuga a 5000 rpm a 4°C durante 5 minutos. De las tres fases formadas, tomar 9 mL de la capa de acetonitrilo y concentrar con ayuda del rotavapor. Posteriormente se rediluye el residuo con 0,5 mL de agua MilliQ (excepto para las muestras de café molido que se rediluyó en 1mL). El residuo se purifica en cartucho HLB, previamente acondicionado con 2 mL de metanol y 2 mL de agua. La muestra se eluye y se desechan las ocho primeras gotas, pasando el resto de la muestra a un vial de inyección de 0,5 mL.

Análisis cromatográfico:

- Volumen inyectado: 10 µl.
- Flujo: 0,50 mL/min
- Eluyente A: Agua con 0,001% de ácido fórmico
- Eluyente B: Acetonitrilo con 0,001% de ácido fórmico.
- Tiempo de análisis: 7.5 minutos
- Temperatura de la columna: temperatura ambiente.
- Fuente de Ionización: Electrospray ionization (ESI)
- Modo de ionización: positivo
- Temperatura de la fuente: 150°C
- Temperatura de desolvatación: 600 °C
- Gas de cono: 400 l/h
- Gas de solvatación: 1200 l/h
- Rampa de elución (Tabla 3.4)
- Transiciones (Tabla 3.5)

Tabla 3.4. Rampa de elución de acrilamida

	Tiempo (minutos)	% A	% B
Paso 1	0-5,5	95	5
Paso 2	5,6-6,0		100
Paso 3	6,0-7,5	95	5

Tabla 3.5. Transiciones de [¹³C₃]-acrilamida y acrilamida

Compuesto	Madre (m/z)	Hija (m/z)
Acrilamida marcada	74.0319	29.0800
Acrilamida marcada	74.0319	46.1240
Acrilamida	71.9415	44.0296
Acrilamida	71.9415	54.4519

Identificación

Se realizó mediante la concordancia del tiempo de retención y espectro de masas.

Determinación

Se realizó por el método del patrón interno utilizando acrilamida marcada ¹³C₃. La curva de calibrado se realizó siguiendo el mismo procedimiento que el utilizado para la determinación de acrilamida, pero partiendo de muestras crudas (patata, plátano, yuca y harina de trigo) a las que se adicionaban 9 ml de las siguientes disoluciones de acrilamida en lugar de agua (0, 1, 2.5, 5, 10, 20, 35, 50, 100 y 200 µg/L). Para la curva de calibrado se tomó como ordenada el valor resultante de dividir el área del pico de acrilamida entre el área del pico del patrón interno y como abscisa la concentración en µg/L (ppb) de acrilamida en agua. Las ecuaciones de la curva y su R² son las siguientes: patata (y=0,0424x+0,0315, R²=0,9978), plátano (y=0,0568x+0,1633, R²=0,9949), yuca (y=0,0519x+0,0727, R²=0,9928) y harina de trigo (y=0,06603x-0,065795, R²=0,9980). La figura 3.1 muestra la recta obtenida para la harina.

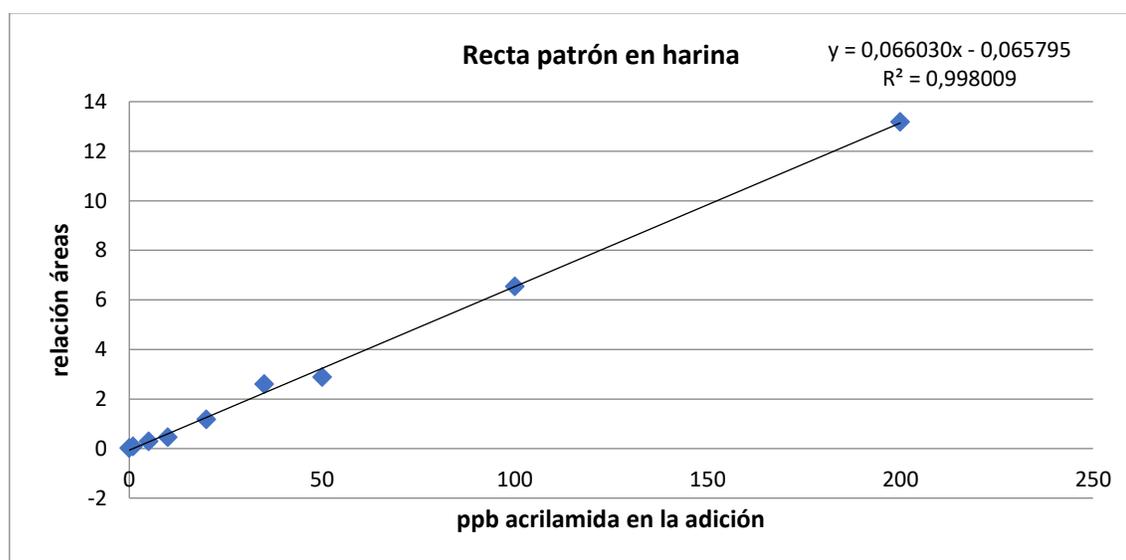


Figura 3.1. Recta de calibración de acrilamida para muestras de cereales

III.3.1.3.2.2. Azúcares reductores

Fundamento

Titulación con tiosulfato sódico del yodo producido por el sulfato de cobre no reducido por los azúcares reductores presentes en la muestra.

Muestras

Se analizaron las muestras del apartado III.3.1.2.1.

Material y equipos

- Pipetas graduadas, tubos de centrifuga de 15ml, matraces aforados de 250 mL, filtros de papel y perlas de vidrio.
- Bureta de 25 mL con subdivisiones de 0,05.
- Baño de hielo.
- Centrífuga Sigma 2-16 PK Sartorius.
- Balanza analítica digital: modelo Entris 224I 1S marca Sartorius.
- Baño ultrasónico Bandelin/ Sonorex Acquity.
- Mechero Bunsen.
- Agitador magnético analógico Agimatic-N, con calefacción, J.P. SELECTA®

Reactivos

- Agua desionizada
- Fehling A (Panreac)
- Fehling B: 173 g tartrato sódico-potásico tetrahidratado y 50 g de hidróxido de sodio (Panreac), disueltos en 500 mL de agua desionizada.
- Disolución de yoduro potásico (Panreac) al 30%
- Disolución de ácido sulfúrico (Panreac) 10N
- Disolución de almidón (Panreac) al 1%.
- Disolución de tiosulfato sódico (Panreac) 0,1 N: 24,82 g de tiosulfato sódico pentahidratado
- Glucosa anhidra (Merck) al 1%
- Solución de alcohol 80° :100 ml de etanol absoluto (Sigma-Aldrich) en 28,6 ml de agua.

Extracción de la muestra

Se pesa con exactitud aproximadamente 1g de muestra desgrasada y se introduce en tubo centrifuga de 15 mL, se adicionan 10 mL de alcohol de 80°, se lleva a baño de ultrasonidos durante 20 minutos, se centrifuga a 5.000 rpm durante 5 minutos a 5°C, se filtra con ayuda de papel filtro, y se repite el proceso de extracción una vez más, se mezclan los dos extractos y se lleva a un volumen de 25 ml en matraces aforados con disolución alcohólica de 80°.

Determinación

Se toman los 25 ml de extracto anterior y se adicionan a un erlenmeyer de 250 ml, se añaden, con pipetas aforadas, 10 ml del reactivo Fehling A, 10 ml de Fehling B, 10 ml de agua desionizada y 2 a 3 perlas de vidrio, se coloca la mezcla en mechero Bunsen y se deja hervir durante dos minutos, se enfría rápidamente en baño de hielo y posteriormente se adicionan 10 ml de yoduro potásico al 30%, se agregan 10 ml de ácido sulfúrico 10N y dos gotas de solución de almidón al 1%. Por último, se procede a valorar con tiosulfato sódico 0,1 N, hasta observar cambio de color. Paralelamente se realiza una prueba en blanco, utilizando agua desionizada, en lugar del extracto de la muestra.

Para la cuantificación se realizó curva de calibrado con glucosa anhidra al 1% a concentraciones de 0,01; 0,02; 0,03; 0,05; 0,07; 0,09; 0,12, 0,15 y 0,30%, obteniendo la siguiente ecuación de la recta y coeficiente de regresión, $y=56,607x+0,0839$, $R^2=0,9995$.

III.3.1.3.2.3. Determinación de aminoácidos totales

Fundamento

Determinación de aminoácidos totales por volumetría ácido-base previo bloqueo del grupo amino con formaldehído.

Muestras

Se analizaron las muestras del apartado III.3.1.2.1.

Material y equipos

- Pipetas graduadas, tubos de centrifuga de 15mL, matraces aforados y filtros de papel.
- Bureta.
- Erlenmeyer de 50 ml.
- Centrífuga Sigma 2-16 PK Sartorius.
- Balanza analítica digital: modelo Entris 224I 1S marca Sartorius.
- Baño ultrasónico Bandelin/ Sonorex Acquity.
- Mechero Bunsen.
- Agitador magnético analógico Agimatic-N, con calefacción, J.P. SELECTA®

Reactivos

- Agua desionizada
- Solución de Alcohol 33°: 100 ml de alcohol absoluto (Sigma-Aldrich) y 213,72 mL de agua
- Formaldehído (Panreac)
- Fenolftaleína (Panreac) al 1%
- Disolución de hidróxido de sodio (Panreac) al 0,01 N y 0,001 N.

Extracción de la muestra

Para la extracción de la muestra se pesa con exactitud aproximadamente 1 g de muestra en tubo centrifuga de 15 mL, se adicionan 4 mL de alcohol de 33°, se lleva a baño de ultrasonido durante 20 minutos, se separa el sobrenadante por filtración, se repite el proceso de extracción y se mezclan los dos extractos, se llevan a un volumen de 10 mL con disolución alcohólica de 33°.

Determinación de aminoácidos totales

Para la determinación de aminoácidos totales se pasan los 10 mL de muestra extraída a un erlenmeyer, se adicionan 3 gotas de fenolftaleína, y se agrega NaOH al 0,01N hasta obtener ligero tinte rosa. En otro Erlenmeyer se toman 5 mL de formaldehído, se adiciona 3 gotas de fenolftaleína y NaOH hasta tener tono rosa ligero, se mezclan las dos disoluciones (desaparece el color rosa) y se valora con la solución de NaOH 0,01N, para el caso de las muestras de patata y plátano y 0,001 N para las muestras de maíz, arroz y yuca hasta que la mezcla adquiera nuevamente el tono rosa ligero.

Expresión de los resultados

Los resultados se expresan en g de asparagina equivalente por 100 g de muestra.

III.3.1.3.2.4. Determinación de absorbancia 284 y 420 nm

Fundamento

Absorbancia a 284 y 420 nm de disoluciones de muestras en agua MilliQ.

Muestras

Se analizaron las muestras del apartado III.3.1.2.1.

Material y equipos

- Pipetas graduadas, tubos de centrifuga de 15ml, matraces aforados y filtros de papel.
- Centrífuga Sigma 2-16 PK Sartorius.
- Balanza analítica digital: modelo Entris 224I 1S marca Sartorius.
- Espectrofotómetro Perkin Elmer Lambda 25 Series UV/Vis.
- Filtros: Millipore de 0,45 µm.
- Baño ultrasónico Bandelin/ Sonorex Acquity.

Reactivos

- Ácido tricloroacético (Panreac) al 40%
- Agua Milli-Q

Procedimiento

Se pesan con exactitud aproximadamente 0,4 g de cada muestra desgrasada en tubos de centrífuga de 15mL, se añaden 7 mL de agua Milli-Q, se lleva a baño ultrasónico durante 10 minutos, se procede a centrifugación a 5.000 rpm durante 10 minutos a 5°C. Se separa el sobrenadante por decantación y se repite el proceso dos veces más. Tras la tercera filtración se clarifican los sobrenadantes con 1 mL de ácido tricloroacético al 40%, se repite la centrifugación y se filtra con filtros de papel en matraces aforados. Se enrasa con agua Milli-Q hasta 25mL. Se realiza una segunda filtración con filtros millipore de 0,45 µm y se mide en el espectrofotómetro a 284 y 420 nm.

III.3.1.3.2.5. Determinaciones complementarias

III.3.1.3.2.5.1. Determinación del contenido de humedad

Fundamento

Determinación del contenido de humedad mediante desecación en estufa de aire hasta peso constante.

Muestras

Se analizaron las muestras del III.3.1.2.1.

Material y equipos

- Vidrios de reloj.
- Horno Pasteur (Selecta).
- Balanza analítica digital: modelo Entris 224I 1S marca Sartorius.
- Desecador de vidrio con sílica- gel bajo placa de porcelana.

Procedimiento

Se pesaron con exactitud aproximadamente 1 gramo en un vidrio de reloj de peso conocido. Se llevaron al horno o estufa de secado a 110°C durante 16 horas. Se sacaron, dejaron reposar en un desecador y una vez frías se pesaron en la balanza analítica. Este procedimiento se repite hasta obtener peso constante. La diferencia de pesos representa la humedad perdida y se expresa en porcentaje.

Cálculos

$$\% \text{ de humedad} = \frac{P - P'}{P} * 100$$

Dónde:

P' = Peso de la muestra tras la desecación

P = Peso de la muestra antes de la desecación

III.3.1.3.2.5.2. Desgrasado de las muestras

Fundamento

Separación de la grasa mediante extracción con solvente. Se analizaron algunas muestras del III.3.1.2.1.

Material y equipos

- Pipetas graduadas, matraces de balón fondo plano de 100 mL, matraces erlenmeyer de 250mL y filtros de papel.
- Agitador Vaivén Rotaterm P -Selecta.
- Balanza analítica digital: modelo Entris 224I 1S marca Sartorius.
- Bala de N₂ para desecar.

Reactivos

- Hexano (riqueza 95%) (Panreac)

Procedimiento

Se pesaron con exactitud aproximadamente 20 g de las muestras previamente molidas o trituradas y se colocaron en un erlenmeyer. Posteriormente se adicionaron tres veces el peso de la muestra en hexano (aproximadamente 60 mL). Se agita durante 10 minutos y el sobrenadante se decanta a matraces de fondo plano previamente tarados. El proceso se repite dos veces más. Tras la tercera filtración, se elimina el exceso de hexano con nitrógeno. La muestra se pesa, y se determina por diferencia de peso la cantidad de grasa extraída. La muestra desgrasada se conserva a -40°C hasta análisis.

III.3.1.4. Análisis estadístico

El análisis estadístico se realizó empleando el programa IBM SPSS Statistics version 26 (licencia de la Universidad de Granada). No todos los indicadores analizados presentaron una distribución normal. Para comparar diferencias estadísticas entre tratamientos y muestras se realizaron análisis de t-student y ANOVA en una vía o test de Kruskal-Wallis. Para el estudio de correlaciones se utilizó un análisis de regresión de Pearson y/o Spemann (r). Se estableció un p-valor < 0,05 para dar los valores como significativos.

III.3.2. RESULTADOS

III.3.2.1. Determinaciones realizadas en materias primas

El contenido de precursores de acrilamida (asparagina y azúcares reductores), humedad y pH en materias primas utilizados en las preparaciones culinarias tradicionales en Colombia se muestran en la Tabla 3. 6.

Tabla 3.6. Contenido de humedad, asparagina, azúcares reductores y pH de materias primas utilizadas en la elaboración de preparaciones tradicionales colombianas.

Alimento	Humedad (%) ± SD	Asparagina (g/100g)	pH(°C)	Azúcares reductores (%) ± SD
Papa sabanera cruda	81,3±0,462	0,286±0,0098	6,31 (20,5)	0,248±0,00027
Papa pastusa cruda	77,1±0,788	0,383±0,0413	5,22 (20,5)	0,270±0,0418
Papa criolla cruda	78,2±0,147	0,198±0,00452	6,44 (20,5)	1,87±0,437
Papa precocida	67,8±1,58	0,185±0,0106	6,20 (20,5)	0,270±0,106
Plátano hartón verde	63,2±0,229	0,0733±0,0219	5,34 (20,5)	4,00±0,384
Plátano hartón maduro	65,7±0,787	0,0671±0,0464	4,55 (20,5)	13,9±0,899
Yuca	56,4±0,187	0,0430±0,00273	6,29 (20,5)	0,0491±0,0080
Almidón de yuca	12,5±0,155	<LD	5,93 (21,4)	0,482±0,611
Harina de maíz blanca	11,5±0,0750	0,0572±0,00123	6,38 (21,9)	0,540±0,0569
Mazorca	69,1±0,717	0,0764±0,00024	4,53 (20,5)	0,0570±0,0806
Harina de trigo panadería	13,1±0,0515	0,0344±0,0116	6,19 (21,6)	0,150±0,141
Arroz blanco crudo	12,9±0,0707	0,0685±0,0238	6,76 (20,9)	0,0663±0,234

El contenido de humedad osciló entre aproximadamente 12 y 81%. Los valores más bajos correspondieron a las muestras de cereales y derivados y las más altas para patatas y plátanos. Los valores de asparagina fueron superiores a 0,1% solo para las patatas. El contenido de azúcares reductores fue muy variable entre aproximadamente 0,05% para yuca y 13,9% para el plátano hartón maduro. Entre alimentos similares el contenido también fue muy variable, entre 0,25 y 1,87% para patatas, 0,04 y 13,9% para plátanos con diferente estado de maduración y 0,06 y 0,54% para cereales y derivados.

Los valores de pH oscilaron entre 4,5 (mazorca y plátano hartón maduro) y 6,8 para arroz blanco, el intervalo también fue relativamente alto entre alimentos similares, así fue de 5,2 a 6,3 en patatas, de 4,6 y 5,3 en plátanos y de 4,5 y 6,8 en cereales.

III.3.2.2. Determinaciones realizadas en platos elaborados

III.3.2.2.1. Determinación del contenido de humedad y porcentaje de grasa

El porcentaje de humedad de los diferentes platos elaborados bien mediante fritura, asado y horneado se muestra en las Tabla 3.7 y 3.8 respectivamente. En ellas también se muestra el tiempo de preparación del plato y la pérdida de peso durante su elaboración y el % de grasa en las muestras elaborados por fritura.

Tabla 3.7. Modificaciones de peso durante la fritura y porcentaje de humedad y grasa.

Alimento	Descripción	Tiempo (min)	Peso inicial alimento (g)	Peso final alimento (g)	% pérdida de peso	%humedad	% grasa
Papa sabanera frita	PSAF1	10	101	70,5	30,2	55,9 ± 2,14	40,5
	PSAF2	10	103	62,5	39,3	60,1 ± 0,0714	38,2
	PSAF3	15	97,6	56,2	42,4	52,5 ± 0,565	37,1
	PSAF4	15	93,5	51,8	44,6	50,1 ± 0,174	38,9
	PSAF5	20	94,3	39,9	57,7	31,5 ± 0,196	31,3
	PSAF6	20	89,9	40,6	54,8	30,0 ± 0,499	28,7
Papa Pastusa frita	PPF1	5	102	63,4	37,8	54,8±0,246	6,30
	PPF2	5	100	62,9	37,1	50,2±0,610	4,40
	PPF3	10	104	45,2	56,5	46,8±0,002	10,8
	PPF4	10	100	44,3	55,7	47,2±0,003	11,5
	PPF5	15	102	37,8	62,9	37,0±0,199	26,2
	PPF6	15	101	36,3	64,1	38,3±0,152	21,4
Papa criolla frita	PCF1	20	100	87,9	12,1	78,3± 1,37	17,5
	PCF2	20	101	89,4	11,5	63,8 ±0,000	23,3
	PCF3	25	101	85,8	15,0	74,7 ± 0,0829	19,0
	PCF4	25	100	84,9	15,1	75,3 ± 0,000	18,9
	PCF5	30	101	81,7	19,1	68,9 ±0,540	20,4
	PCF6	30	100	80,2	19,8	69,6 ±0,154	23,9
Papa criolla dorada	PCD1	3	101	88,1	12,8	80,2 ± 1,40	1,12
	PCD2	3	98,9	87,6	11,4	81,5 ± 0,742	1,32
	PCD3	5	101	79,3	21,5	73,0 ± 0,577	1,11
	PCD4	5	101	80,1	20,7	72,6 ± 1,60	2,25
	PCD5	10	102	73,9	27,5	65,8 ± 1,36	0,620
	PCD6	10	102	74,1	27,4	63,1 ± 0,0884	1,52
Papa precocida frita	PPF1A	6	103	69,3	32,7	51,1 ± 0,0734	44,7
	PPF2A	6	104	68,9	33,8	47,3 ± 0,288	43,8
	PPF3A	8	98,2	61,2	37,7	46,3 ± 0,758	43,7
	PPF4A	8	98,9	59,2	40,1	34,6 ± 0,625	44,6
	PPF5A	10	91,1	46,5	49,0	26,8 ± 0,452	37,6
	PPF6A	10	92,9	49,1	47,1	35,0 ± 0,225	43,6

Alimento	Descripción	Tiempo (min)	Peso inicial alimento (g)	Peso final alimento (g)	% pérdida de peso	%humedad	% grasa
Plátano verde moneditas	PVM1	6	100	69,4	30,6	33,4 ± 0,417	26,1
	PVM2	6	102	69,4	32,0	21,4 ± 0,399	26,3
	PVM3	8	92,6	55,3	40,3	8,33 ± 0,0978	20,9
	PVM4	8	90,6	55,4	38,9	9,78 ± 0,154	18,4
	PVM5	9	86,0	42,9	50,1	7,99 ± 0,0389	24,7
	PVM6	9	84,0	43,8	47,9	10,2 ± 0,0409	28,1
Plátano verde patacón	PVP1	10	106	88,6	16,4	43,2 ± 0,0545	41,2
	PVP2	10	106	89,9	15,2	42,2 ± 0,161	42,7
	PVP3	15	94,8	64,2	32,3	36,3 ± 0,977	22,7
	PVP4	15	91,0	62,9	30,9	30,2 ± 0,0366	31,2
	PVP5	20	83,6	50,7	39,4	16,0 ± 0,805	23,9
	PVP6	20	86,6	50,8	41,3	12,2 ± 0,500	26,0
Plátano moneditas maduro	PMF1	6	100	62,3	37,7	34,1 ± 0,958	7,35
	PMF2	6	102	63,2	38,0	35,5 ± 1,09	7,43
	PMF3	7	92,6	58,4	36,9	29,2 ± 0,001	10,1
	PMF4	7	91,7	57,9	36,8		
	PMF5	9	86,8	49,8	42,6	20,6 ± 0,0299	9,73
	PMF6	9	87,0	48,7	44,0	23,9 ± 0,0102	11,2
Patacón Maduro	PMP1	12	101	87,5	13,4	43,3 ± 0,03076	11,7
	PMP2	12	101	88,4	12,5	46,3 ± 0,648	7,08
	PMP3	14	100	80,8	19,0	40,7 ± 1,23	10,0
	PMP4	14	101	81,5	19,3	42,8 ± 0,0103	11,1
	PMP5	16	103	75,2	27,0	28,4 ± 0,167	9,74
	PMP6	16	102	74,6	26,9	25,9 ± 0,886	7,88
Plátano moneditas maduro (adquirido en Granada, ES)	PMG1	9	100	80,3	20,0	27,2 ± 0,0285	12,9
	PMG6	9	103	79,4	22,9	25,2 ± 1,675	18,9
Patacón Maduro (adquirido en Granada, ES)	PPMG1	14	102	69,9	31,1	37,3 ± 0,316	26,2
	PPMG6	14	101	70,1	30,5	13,2 ± 0,5865	21,6
Yuca frita palitos	YF1	10	101	61,3	39,3	36,8 ± 1,62	12,7
	YF2	10	101	60,5	40,1	38,9 ± 0,442	16,2
	YF3	15	101	53,4	47,1	21,3 ± 0,413	20,5
	YF4	15	102	54,9	46,2	20,2 ± 0,288	15,5
	YF5	20	100	47,8	52,2	13,5 ± 0,470	14,1
	YF6	20	101	47,6	52,9	13,5 ± 0,565	17,0
Arepa amarilla frita	AMAF1	10	102	72,6	28,8	38,9 ± 0,215	22,1
	AMAF2	10	100	73,4	26,2	37,1 ± 0,156	15,3
	AMAF3	15	100	68,4	31,6	35,2 ± 0,0105	4,94

Alimento	Descripción	Tiempo (min)	Peso inicial alimento (g)	Peso final alimento (g)	% pérdida de peso	%humedad	% grasa
	AMAF4	15	100	63,5	36,5	31,3 ± 0,269	10,4
	AMAF5	18	100	49,5	50,5	11,0 ± 0,174	46,4
	AMAF6	18	101	50,6	49,9	10,8± 0,231	32,7
Arepa blanca frita	AMBF1	10	101	73,0	27,7	38,9±0,809	22,1
	AMBF2	10	100	73,4	26,6	37,0±1,10	19,0
	AMBF3	15	102	62,9	38,3	35,2±2,39	29,2
	AMBF4	15	101	67,1	33,6	31,3±0,465	27,7
	AMBF5	20	100	55,6	44,4	11,8±0,443	31,6
	AMBF6	20	100	56,1	43,9	10,8±0,410	31,2
Arepuelas de harina de trigo	ATF1	4	81,2	75,6	6,90	32,0 ± 0,415	6,46
	ATF2	4	82,4	77,1	6,43	30,7± 0,696	7,33
	ATF3	6	82,0	74,5	9,15	27,8± 0,307	10,1
	ATF4	6	82,6	75,1	9,10	29,0± 1,42	8,83
	ATF5	8	82,8	71,4	13,8	15,3± 0,301	16,5
	ATF6	8	81,6	70,2	14,0	14,7± 0,104	17,7
Churros	CHTF1	4	101	85,1	15,7	28,5±0,334	13,9
	CHTF2	4	101	86,2	14,7	24,1±0,119	15,6
	CHTF3	6	101	77,3	23,5	18,6±0,0805	15,9
	CHTF4	6	101	78,7	22,1	16,9±0,621	15,7
Croquetas de arroz	CAF1	10	101	73,2	27,5	21,1±3,57	
	CAF2	10	101	73,3	27,4	22,0±1,09	48,5
	CAF3	12	100	65,9	34,1	14,0± 0,271	49,2
	CAF4	12	100	66,2	33,8	16,1±1,03	21,2
	CAF5	15	100	58,9	41,1	2,41± 0,0187	24,8
	CAF6	15	101	57,1	43,5	3,72± 0,171	23,4

Tabla 3.8. Modificaciones de peso durante el proceso de asado y horneado de productos tradicionales colombianos y porcentaje de humedad.

Alimento	Descripción	Tiempo (min)	Peso inicial (g)	Peso final(g)	% pérdida de peso	% humedad
Arepa de maíz amarillo asada	AMAA1	12	50,1	45,7	8,78	50,2± 0,0734
	AMAA2	12	51,3	46,9	8,58	51,4±0,669
	AMAA3	14	50,3	40,4	19,7	46,5±0,615
	AMAA4	14	50,4	40,6	19,4	49,1±0,721
	AMAA5	20	50,9	38,2	25,0	41,6±0,259
	AMAA6	20	50,7	38,2	25,0	42,7±2,30
Arepa de maíz blanco asada	AMBA1	12	50,8	46,6	8,27	55,3 ±1,54
	AMBA2	12	50,1	45,9	8,38	57,1 ± 0,519
	AMBA3	14	50,4	40,2	20,2	52,4 ± 0,844
	AMBA4	14	50,0	39,5	21,0	46,8 ± 0,749
	AMBA5	20	50,6	32,1	36,6	42,9± 0,419
	AMBA6	20	51,0	31,8	37,6	28,2 ± 0,916
Arepa maíz choclo asada	AMCHA1	8	101	91,7	8,76	42,8±0,152
	AMCHA2	8	101	92,3	8,52	41,5±0,0601
	AMCHA3	10	101	81,9	19,2	39,7± 0,00145
	AMCHA4	10	101	81,5	19,1	37,1±1,18
	AMCHA5	12	100	74,6	25,6	38,0± 0,0011
	AMCHA6	12	100	72,8	27,2	37,3±0,05085
Pan de yuca horneado	PYH1	20	101	72,5	28,1	40,5 ± 0,746
	PYH2	20	103	72,4	29,8	39,1 ± 0,0786
	PYH3	25	100	70,5	29,8	16,6 ±0,161
Plátano asado maduro (al horno)	PAM1	20	103	80,9	21,2	52,4±0,256
	PAM2	20	78,2	61,9	20,8	53,4±0,379
	PAM3	25	96,0	73,8	23,1	49,1±0,187
	PAM4	25	107	81	24,3	45,6±0,690
	PAM5	30	107	66,1	38,2	42,8±0,859
	PAM6	30	81,6	50,9	37,6	39,9±0,346

Los porcentajes de pérdida de peso durante la fritura oscilaron entre 6,43% y 64,1%, y fueron mayores como es lógico a mayor intensidad de tratamiento. En general, a mayor tiempo de tratamiento, menores porcentajes de humedad. Los mayores porcentajes de grasa se observan en alimentos con doble tratamiento como patatas prefritas o patacones y los menores porcentajes en patatas criollas doradas, que llevaban una cocción previa a fritura. En preparaciones horneadas y asadas (tabla 3.8), y de forma general, los porcentajes de pérdida de peso fueron menores y los de humedades mayores en relación con las frituras.

III.3.2.2. Determinación del contenido de acrilamida y precursores

El contenido medio de acrilamida, expresado en $\mu\text{g}/\text{kg}$ de peso fresco, aminoácidos libres totales, expresado en $\text{mg}/100\text{g}$ de peso fresco y el porcentaje de azúcares reductores de patatas sometidas a procesos culinarios con tres niveles de intensidad se muestran en la tabla 3.9. En ella se puede observar cómo los valores más bajos de acrilamida corresponden a las patatas criollas.

Tabla 3.9. Contenido medio de acrilamida, azúcares reductores y aminoácidos totales libres en patatas sometidas a procesos culinarios diferentes con tres niveles de intensidad

Muestra	Identificación de la muestra	Tratamiento	Acrilamida ($\mu\text{g}/\text{kg}$) media \pm SD	Aminoácidos totales libres ($\text{mg}/100\text{g}$) media \pm SD	Azúcares reductores (%) media \pm SD
Patata sabanera <i>frita</i> (Patatas a la francesa fritas)	PSAF1	Bajo	29,6 \pm 1,29	546 \pm 25,2	1,94 \pm 0,0936
	PSAF2	Bajo	25,7 \pm 1,61	495 \pm 17,3	1,04 \pm 0,00649
	PSAF3	Medio	171 \pm 17,9	396 \pm 3,24	1,20 \pm 0,103
	PSAF4	Medio	131 \pm 18,3	486 \pm 12,9	2,56 \pm 0,0947
	PSAF5	Alto	748 \pm 47,2	256 \pm 3,46	1,28 \pm 0,000540
	PSAF6	Alto	903 \pm 17,3	212 \pm 7,17	1,72 \pm 0,00256
Patata Parda pastusa <i>frita</i> (Patatas a la francesa fritas)	PPF1	Bajo	<LD	995 \pm 18,7	0,033 \pm 0,00180
	PPF2	Bajo	<LD	986 \pm 12,6	0,397 \pm 0,0180
	PPF3	Medio	56,6 \pm 0,0660	932 \pm 6,12	0,0458 \pm 0,00300
	PPF4	Medio	38,7 \pm 1,14	824 \pm 19,2	0,108 \pm 0,00600
	PPF5	Alto	416 \pm 20,1	592 \pm 3,71	<LD
	PPF6	Alto	497 \pm 30,1	659 \pm 6,90	0,186 \pm 0,00640
Patata criolla <i>frita</i> (patatas criollas enteras fritas)	PCF1	Bajo	<LD	66,0 \pm 2,17	0,215 \pm 0,0195
	PCF2	Bajo	<LD	54,8 \pm 0,630	0,131 \pm 0,0147
	PCF3	Medio	37,2 \pm 0,105	59,8 \pm 0,0915	0,168 \pm 0,000350
	PCF4	Medio	27,7 \pm 0,523	35,3 \pm 3,40	0,192 \pm 0,01031
	PCF5	Alto	110 \pm 6,43	45,8 \pm 0,232	0,206 \pm 0,01492
	PCF6	Alto	21,1 \pm 0,267	28,3 \pm 1,96	0,233 \pm 0,01550
Patata criolla dorada (Patatas criollas enteras <i>cocidas</i> en agua y <i>fritas</i>)	PCD1	Bajo	<LD	379 \pm 6,67	0,293 \pm 0,0270
	PCD2	Bajo	<LD	371 \pm 17,6	0,558 \pm 0,0505
	PCD3	Medio	<LD	377 \pm 13,7	0,445 \pm 0,0308
	PCD4	Medio	<LD	322 \pm 6,59	0,375 \pm 0,0209
	PCD5	Alto	<LD	345 \pm 14,8	0,520 \pm 0,0477
	PCD6	Alto	<LD	314 \pm 1,33	0,185 \pm 0,00961
Papa precocida <i>frita</i> (Patatas elaboradas con patatas colombianas prefritas y congeladas)	PPF1A	Bajo	46,8 \pm 1,92	792 \pm 2,11	1,39 \pm 0,137
	PPF2A	Bajo	56,6 \pm 2,17	628 \pm 4,79	0,643 \pm 0,00060
	PPF3A	Medio	97,6 \pm 4,57	720 \pm 0,254	1,31 \pm 0,0520
	PPF4A	Medio	452 \pm 27,5	365 \pm 6,43	1,87 \pm 0,00110
	PPF5A	Alto	1648 \pm 12,8	232 \pm 3,21	2,28 \pm 0,116
	PPF6A	Alto	905 \pm 8,48	241 \pm 5,81	0,978 \pm 0,0378

Las tablas 3.10, 3.11 y 3.12 muestran el contenido medio de acrilamida, aminoácidos libres totales, y azúcares reductores de las diferentes preparaciones culinarias elaboradas con plátanos, yucas y maíz, respectivamente. En la tabla 3.13 se recoge el contenido medio para las mismas variables en arepuelas de trigo, churros y croquetas de arroz.

Tabla 3.10. Contenido medio de acrilamida, azúcares reductores y aminoácidos totales libres en plátanos sometidos a procesos culinarios diferentes con tres niveles de intensidad

Muestra	Identificación de la muestra	Tratamiento	Acrilamida	Aminoácidos	Azúcares
			($\mu\text{g}/\text{kg}$)	totales libres	reductores
			media \pm SD	media \pm SD	(%) media \pm SD
Plátano hartón verde <i>frito</i> (monedas o chips)	PVM1	Bajo	<LD	83,8 \pm 0,624	12,8 \pm 0,157
	PVM2	Bajo	<LD	53,2 \pm 0,397	9,23 \pm 0,0189
	PVM3	Medio	1542 \pm 92,6	36,4 \pm 1,20	6,59 \pm 0,186
	PVM4	Medio	806 \pm 57,1	46,7 \pm 0,122	6,94 \pm 0,00687
	PVM5	Alto	1330 \pm 14,9	20,2 \pm 0,00140	3,47 \pm 0,00368
	PVM6	Alto	1161 \pm 44,9	26,7 \pm 0,00380	2,54 \pm 0,169
Plátano hartón verde <i>frito</i> "patacon" (Plátano verde sometido a dos frituras y que se presenta en forma de tostón)	PVP1	Bajo	51,0 \pm 4,78	44,0 \pm 0,136	8,54 \pm 0,150
	PVP2	Bajo	32,4 \pm 2,12	55,5 \pm 0,815	11,0 \pm 0,0839
	PVP3	Medio	250 \pm 23,1	71,7 \pm 0,232	10,3 \pm 0,00872
	PVP4	Medio	265 \pm 14,3	30,7 \pm 1,06	5,96 \pm 0,180
	PVP5	Alto	628 \pm 56,8	42,9 \pm 0,642	4,90 \pm 0,00381
	PVP6	Alto	529 \pm 45,3	10,7 \pm 0,00680	3,74 \pm 0,00289
Plátano hartón maduro <i>frito</i> (monedas o chips)	PMF1	Bajo	<LD	37,0 \pm 3,31	-
	PMF2	Bajo	<LD	41,5 \pm 3,56	-
	PMF3	Medio	<LD	42,8 \pm 1,20	-
	PMF4	Medio	<LD	-	-
	PMF5	Alto	<LD	29,7 \pm 1,46	-
	PMF6	Alto	<LD	30,3 \pm 2,26	-
Plátano hartón maduro <i>frito</i> (monedas o chips) (adquirido en Granada, ES)	PMG1	Bajo	15,2 \pm 1,21	-	-
	PMG6	Alto	44,9 \pm 0,606	-	-
Plátano hartón maduro <i>frito</i> - Patacón (Plátano maduro sometido a <i>dos frituras</i> y que se presenta en forma de tostón)	PMP1	Bajo	<LD	148 \pm 1,43	-
	PMP2	Bajo	<LD	148 \pm 2,00	-
	PMP3	Medio	<LD	87,3 \pm 5,79	-
	PMP4	Medio	<LD	91,1 \pm 0,350	-
	PMP5	Alto	5,69 \pm 0,216	64,2 \pm 1,54	-
	PMP6	Alto	4,87 \pm 0,235	45,8 \pm 52,69	-
Plátano hartón maduro <i>frito</i> - Patacón (adquirido en Granada, ES)	PPMG1A	Bajo	<LD	-	-
	PPMG6A	Alto	253 \pm 2,23	-	-
Plátano hartón maduro <i>asado</i> (Plátano maduro asado <i>al horno</i>)	PAM1A	Bajo	<LD	75,1 \pm 8,88	-
	PAM2A	Bajo	<LD	63,6 \pm 3,77	-
	PAM3A	Medio	<LD	63,3 \pm 7,48	-
	PAM4A	Medio	<LD	53,2 \pm 5,96	-
	PAM5A	Alto	<LD	23,3 \pm 1,73	-
	PAM6A	Alto	<LD	12,3 \pm 0,00700	-

El mayor contenido de acrilamida se produce en frituras elaboradas con plátano verde (tabla 3.10). Las preparaciones con plátano maduro no presentaron formación del compuesto o lo generaron en pequeñas cantidades. La preparación de plátano maduro horneado no generó acrilamida.

Tabla 3.11. Contenido medio de acrilamida, azúcares reductores y aminoácidos totales libres en yuca sometidas a procesos culinarios diferentes con tres niveles de intensidad

Muestra	Identificación de la muestra	Tratamiento	Acrilamida	Aminoácidos	Azúcares
			($\mu\text{g}/\text{kg}$)	totales libres	reductores
			media \pm SD	media \pm SD	media \pm SD
Yuca <i>frita</i> (Raíces de yuca fritas en forma de bastones)	YF1	Bajo	12,4 \pm 0,0260	44,3 \pm 0,0625	14,6 \pm 0,0381
	YF2	Bajo	10,3 \pm 0,651	53,3 \pm 0,863	11,6 \pm 0,0491
	YF3	Medio	19,1 \pm 0,184	40,9 \pm 0,786	10,4 \pm 0,176
	YF4	Medio	21,0 \pm 0,827	49,3 \pm 0,437	12,4 \pm 0,168
	YF5	Alto	47,9 \pm 3,64	24,6 \pm 0,399	18,5 \pm 0,652
	YF6	Alto	41,3 \pm 1,06	40,5 \pm 2,06	17,4 \pm 0,169
Pan de Yuca (Producto <i>horneado</i> de almidón de yuca)	PYH1	Bajo	11,6 \pm 0,192	36,1 \pm 1,12	0,178 \pm 0,0118
	PYH2	Medio	12,4 \pm 0,205	22,8 \pm 1,61	0,263 \pm 0,0123
	PYH3	Alto	20,5 \pm 1,58	21,8 \pm 0,411	0,0975 \pm 0,00874

Los niveles de acrilamida tanto en la preparación de yuca frita como la del amasijo de pan de yuca (tabla 3.11) fueron muy inferiores a los obtenidos para plátanos y patatas fritas. Los valores de asparagina y azúcares reductores en la materia prima de partida (tabla 3.6) fueron muy bajos.

Tabla 3.12. Contenido medio de acrilamida, azúcares reductores y aminoácidos totales libres en arepas de maíz sometidas a procesos culinarios diferentes con tres niveles de intensidad

Muestra	Identificación de la muestra	Tratamiento	Acrilamida	Aminoácidos	Azúcares
			($\mu\text{g}/\text{kg}$)	totales libres	reductores (%)
			media \pm SD	media \pm SD	media \pm SD
Arepa de maíz <i>frita</i> amarilla (Masa frita de harina de maíz amarillo de forma circular aplanada)	AMAF1	Bajo	3,18 \pm 0,00400	<LD	0,313 \pm 0,00768
	AMAF2	Bajo	3,75 \pm 0,198	<LD	0,245 \pm 0,0101
	AMAF3	Medio	13,0 \pm 0,0849	<LD	0,979 \pm 0,0961
	AMAF4	Medio	13,6 \pm 0,608	<LD	0,813 \pm 0,0107
	AMAF5	Alto	40,0 \pm 3,05	<LD	0,0863 \pm 0,00400
	AMAF6	Alto	31,2 \pm 1,74	<LD	0,000
Arepa de maíz <i>frita</i> blanca (Masa frita de harina de maíz blanco de forma circular aplanada)	AMBF1	Bajo	4,02 \pm 0,153	<LD	1,04 \pm 0,0100
	AMBF2	Bajo	3,18 \pm 0,0680	<LD	0,251 \pm 0,00130
	AMBF3	Medio	3,11 \pm 0,172	<LD	1,96 \pm 0,0477
	AMBF4	Medio	6,77 \pm 0,159	<LD	0,072 \pm 0,00720
	AMBF5	Alto	15,8 \pm 0,445	<LD	0,000
	AMBF6	Alto	19,5 \pm 1,36	<LD	0,285 \pm 0,0229

Muestra	Identificación de la muestra	Tratamiento	Acrilamida ($\mu\text{g}/\text{kg}$)	Aminoácidos totales libres ($\text{mg}/100\text{g}$)	Azúcares reductores (%)
			media \pm SD	media \pm SD	media \pm SD
Arepa de maíz <i>asada</i> amarilla	AMAA1	Bajo	<LD	23,9 \pm 1,66	0,935 \pm 0,0490
	AMAA2	Bajo	<LD	-	0,996 \pm 0,0812
	AMAA3	Medio	<LD	-	1,23 \pm 0,00182
	AMAA4	Medio	<LD	-	1,04 \pm 0,0441
	AMAA5	Alto	2,71 \pm 0,109	-	0,612 \pm 0,0190
	AMAA6	Alto	2,45 \pm 0,0415	-	1,04 \pm 0,00890
Arepa de maíz <i>asada</i> blanca	AMBA1	Bajo	<LD	26,0 \pm 2,27	3,73 \pm 0,0359
	AMBA2	Bajo	<LD	-	3,81 \pm 0,0832
	AMBA3	Medio	<LD	-	3,48 \pm 0,0620
	AMBA4	Medio	<LD	-	2,16 \pm 0,148
	AMBA5	Alto	3,28 \pm 0,184	-	0,921 \pm 0,0842
	AMBA6	Alto	95,3 \pm 2,39	-	0,631 \pm 0,0314
Arepa de choclo (arepa de granos de mazorca <i>asada</i>)	AMCHA1	Bajo	116 \pm 0,096	79,2 \pm 6,62	0,894 \pm 0,0674
	AMCHA2	Bajo	123 \pm 2,93	70,5 \pm 2,71	0,808 \pm 0,0337
	AMCHA3	Medio	115 \pm 2,14	72,2 \pm 3,70	0,933 \pm 0,0782
	AMCHA4	Medio	87,0 \pm 1,54	69,7 \pm 0,293	0,945 \pm 0,0102
	AMCHA5	Alto	188 \pm 8,54	65,6 \pm 3,04	1,38 \pm 0,0282
	AMCHA6	Alto	199 \pm 6,31	48,6 \pm 0,827	2,55 \pm 0,00230

Las preparaciones elaboradas con harina de maíz blanca o amarilla, fritas o asadas presentaron un contenido muy bajo de acrilamida y menor en asadas que en fritas. El contenido de aminoácidos libres totales también fue muy bajo en todas ellas. La arepa elaborada con granos de maíz fresco o choclo es endulzada con panela, lo que podría justificar el mayor contenido de acrilamida en este tipo de muestras.

Tabla 3.13. Contenido medio de acrilamida, azúcares reductores y aminoácidos totales libres en arepuelas de trigo, churros y croquetas de arroz fritos con diferentes niveles de intensidad

Muestra	Identificación de la muestra	Tratamiento	Acrilamida ($\mu\text{g}/\text{kg}$)	Aminoácidos totales libres ($\text{mg}/100\text{g}$)	Azúcares reductores (%)
			media \pm SD	media \pm SD	media \pm SD
Arepuelas de trigo (Mezcla <i>frita</i> de harina de trigo de formas redondeadas)	ATF1	Bajo	11,4 \pm 1,09	748 \pm 2,85	2,37 \pm 0,0451
	ATF2	Bajo	13,0 \pm 0,141	768 \pm 10,2	2,53 \pm 0,0369
	ATF3	Medio	36,8 \pm 3,14	372 \pm 22,5	1,62 \pm 0,0885
	ATF4	Medio	57,8 \pm 1,04	259 \pm 1,37	1,28 \pm 0,0449
	ATF5	Alto	76,8 \pm 1,39	341 \pm 4,08	0,728 \pm 0,0476
	ATF6	Alto	86,4 \pm 1,07	137 \pm 8,31	0,167 \pm 0,0131
Churros <i>fritos</i> (Masa obtenida a partir de harina de trigo, adicionada de azúcares fritas)	CHTF1	Bajo	13,1 \pm 0,022	6,77 \pm 0,337	1,85 \pm 0,0507
	CHTF2	Bajo	15,3 \pm 0,424	6,00 \pm 0,0887	1,87 \pm 0,0347
	CHTF3	Medio	19,8 \pm 1,39	4,56 \pm 0,0700	2,02 \pm 0,0272
	CHTF4	Medio	19,4 \pm 0,180	2,42 \pm 0,0247	2,09 \pm 0,0666

Muestra	Identificación de la muestra	Tratamiento	Acrilamida ($\mu\text{g}/\text{kg}$)	Aminoácidos totales libres ($\text{mg}/100\text{g}$)	Azúcares reductores (%)
			media \pm SD	media \pm SD	media \pm SD
Croquetas de arroz (Roscas de masa de arroz cocido <i>fritas</i>)	CAF1	Bajo	-	-	-
	CAF2	Bajo	<LD	6,45 \pm 0,01	0,393 \pm 0,0275
	CAF3	Medio	<LD	8,04 \pm 0,100	0,255 \pm 0,0139
	CAF4	Medio	<LD	<LD	0,275 \pm 0,00879
	CAF5	Alto	7,76 \pm 0,471	<LD	0,489 \pm 0,0303
	CAF6	Alto	7,89 \pm 0,499	<LD	0,297 \pm 0,0163

En las preparaciones elaboradas con trigo y arroz (tabla 8), las arepuelas de trigo fritas presentan los mayores contenidos de acrilamida y en las croquetas de arroz, solo se genera acrilamida en el tratamiento térmico más prolongado.

En resumen, las preparaciones presentaron cantidades muy diferentes de acrilamida y precursores. En la figura 3.2 se observan estas variaciones para los valores medios de acrilamida, expresada en expresadas en $\mu\text{g}/\text{kg}$, sin diferenciar tratamientos. Las preparaciones de plátano verde fritos y patatas fritas presentaron los niveles más altos y de manera opuesta el los plátanos maduros tanto al horno como fritos, patata criolla dorada y las arepas de maíz asadas.

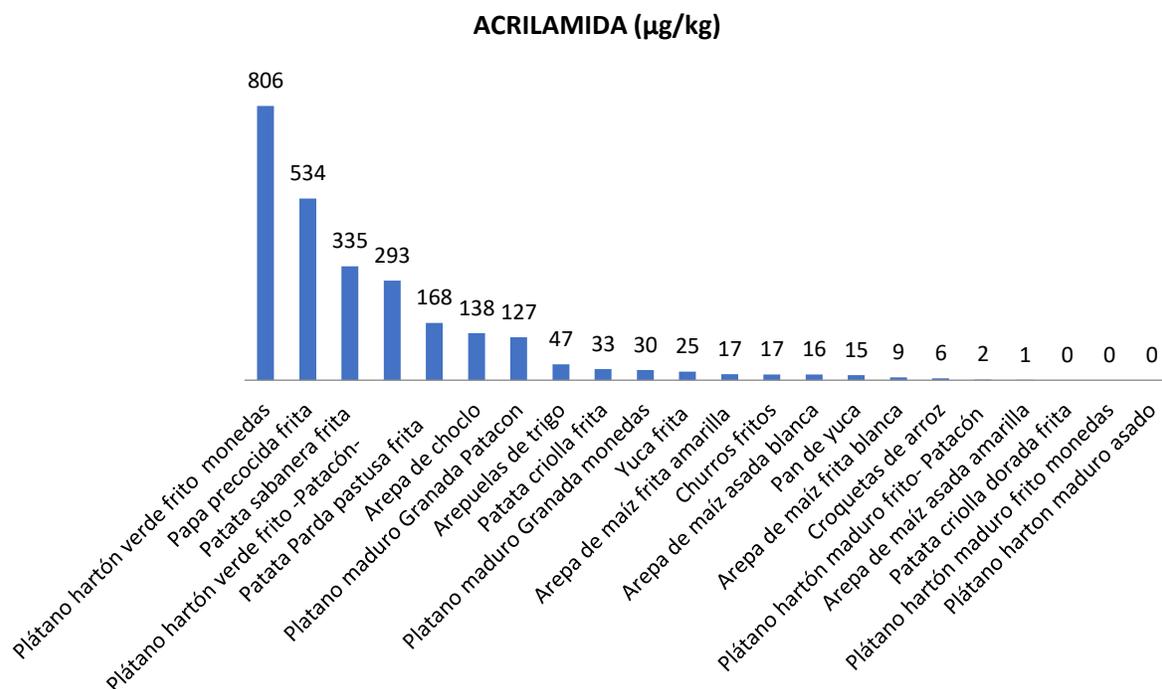


Figura 3.2. Contenido medio de acrilamida ($\mu\text{g}/\text{kg}$) de todas las preparaciones culinarias analizadas

En cuanto a la influencia de la forma de cocinado sobre los niveles de acrilamida nos encontramos que las muestras fritas contenían casi tres veces más que las muestras asadas y 16 más que las horneadas (figura 3.3)

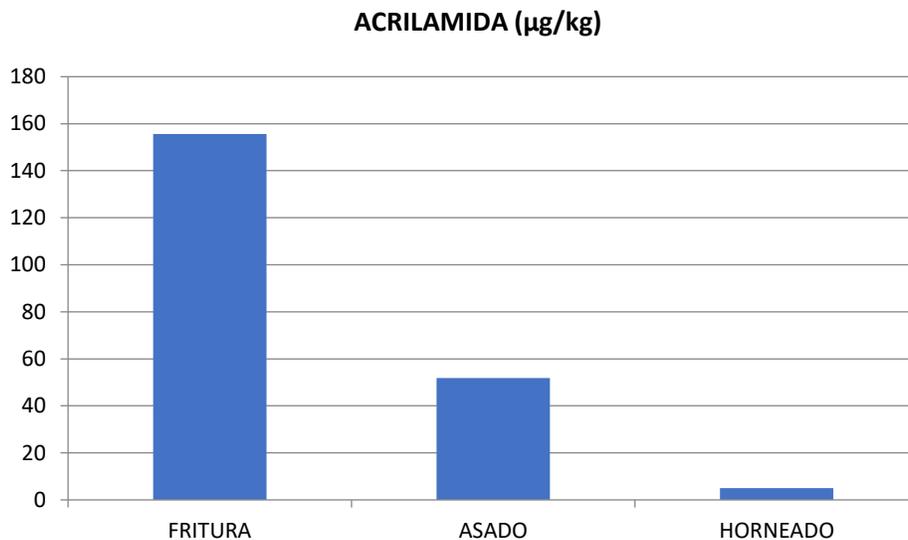


Figura 3.3. Contenido medio de acrilamida (µg/kg peso fresco) en preparaciones tradicionales colombianas según método de cocinado

La influencia de la intensidad sobre los niveles de acrilamida, independientemente del método de cocinado aplicado se muestran en la figura 3.4.

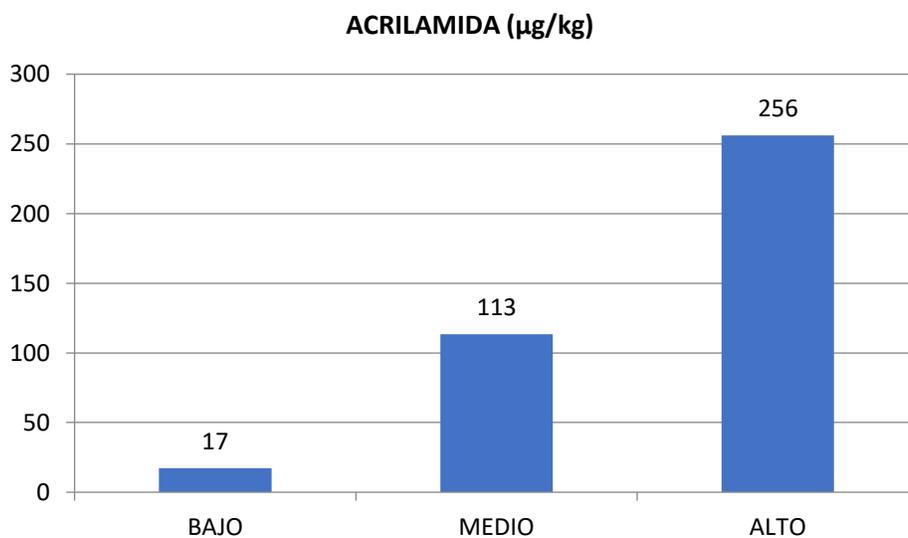


Figura 3.4. Niveles medios de acrilamida (µg/kg) en preparaciones sometidas a diferentes niveles de tratamientos

Los niveles de acrilamida y por tanto su ingesta puede incrementarse hasta 15 veces según la intensidad aplicada en productos totalmente comestibles.

III.3.2.2.3. Determinación de la absorbancia a 284 nm y 420 nm

Los valores de absorbancia a 284 nm y 420 nm, indicadores del avance de las reacciones de pardeamiento químico durante la elaboración de los platos tradicionales colombianos a tres niveles de intensidad para muestras de patatas, plátanos, yucas y arepas de maíz se muestran en las tablas 3.14, 3.15, 3.16 Y 3.17 respectivamente, expresados por gramo de muestras sin desgrasar. La tabla 3.18 muestra los valores obtenidos para estas dos variables en arepuelas de trigo, churros y croquetas de arroz.

Tabla 3.14. Valores de absorbancia a 284 nm y 420 nm en patatas sometidas a procesos culinarios diferentes con tres niveles de intensidad

Muestra	Identificación de la muestra	Tratamiento	A-284	A-420
			media \pm SD	media \pm SD
Patata sabanera <i>frita</i> (Patatas a la francesa fritas)	PSAF1	Bajo	0,615 \pm 0,00244	0,0366 \pm 0,00264
	PSAF2	Bajo	0,494 \pm 0,00715	0,0512 \pm 0,00200
	PSAF3	Medio	0,715 \pm 0,0192	0,0421 \pm 0,00198
	PSAF4	Medio	0,934 \pm 0,00453	0,0569 \pm 0,00114
	PSAF5	Alto	1,42 \pm 0,0329	0,0763 \pm 0,00306
	PSAF6	Alto	1,77 \pm 0,0919	0,0838 \pm 0,00278
Patata Parda pastusa <i>frita</i> (Patatas a la francesa fritas)	PPF1	Bajo	0,839 \pm 0,0430	0,0302 \pm 0,00290
	PPF2	Bajo	0,633 \pm 0,0130	0,0600 \pm 0,0000
	PPF3	Medio	1,17 \pm 0,0006	0,0803 \pm 0,00135
	PPF4	Medio	1,24 \pm 0,0144	0,105 \pm 0,00763
	PPF5	Alto	1,43 \pm 0,0210	0,143 \pm 0,00399
	PPF6	Alto	1,70 \pm 0,0150	0,204 \pm 0,0119
Patata criolla <i>frita</i> (patatas criollas enteras fritas)	PCF1	Bajo	0,394 \pm 0,0120	0,0202 \pm 0,009280
	PCF2	Bajo	0,521 \pm 0,00835	0,0361 \pm 0,000189
	PCF3	Medio	0,569 \pm 0,0180	0,0416 \pm 0,000664
	PCF4	Medio	0,424 \pm 0,00630	0,0324 \pm 0,000254
	PCF5	Alto	0,598 \pm 0,0232	0,0317 \pm 0,00292
	PCF6	Alto	0,560 \pm 0,0102	0,0370 \pm 0,00238
Patata criolla dorada (patatas criollas <i>cocidas</i> enteras y <i>fritas</i>)	PCD1	Bajo	0,464 \pm 0,0107	0,00883 \pm 0,000770
	PCD2	Bajo	0,579 \pm 0,00889	0,00984 \pm 0,000394
	PCD3	Medio	0,546 \pm 0,00522	0,0194 \pm 0,000415
	PCD4	Medio	0,515 \pm 0,0332	0,0244 \pm 0,00175
	PCD5	Alto	0,601 \pm 0,00842	0,02859 \pm 0,00112
	PCD6	Alto	0,657 \pm 0,0180	0,0417 \pm 0,000821

Muestra	Identificación de la muestra	Tratamiento	A-284	A-420
			media ± SD	media ± SD
Papa precocida <i>frita</i> (Patatas elaboradas con patatas colombianas <i>pre-fritas</i> y congeladas)	PPF1A	Bajo	0,674±0,0269	0,00341 ± 0,000116
	PPF2A	Bajo	0,815±0,0612	0,00505± 0,0001990
	PPF3A	Medio	0,802±0,0197	0,0112 ±0,000412
	PPF4A	Medio	0,985±0,0008	0,0254 ± 0,00066
	PPF5A	Alto	1,45±0,0848	0,0753± 0,00310
	PPF6A	Alto	1,41±0,00880	0,105± 0,00115

Tabla 3.15. Valores de absorbancia a 284 nm y 420 nm en plátanos sometidos a procesos culinarios diferentes con tres niveles de intensidad.

Muestra	Identificación de la muestra	Tratamiento	A-284	A-420
			media ± SD	media ± SD
Plátano hartón verde <i>frito</i> (monedas o chips)	PVM1	Bajo	0,281±0,00330	0,00765 0,000369
	PVM2	Bajo	0,328±0,00190	0,0405± 0,00144
	PVM3	Medio	0,835±0,0478	0,0484± 0,00346
	PVM4	Medio	0,804±0,0506	0,0498± 0,00338
	PVM5	Alto	1,56±0,121	0,0911±0,00507
	PVM6	Alto	1,14±0,0341	0,0919± 0,000830
Plátano hartón verde <i>frito</i> (Tostón con dobles fritura-patacón)	PVP1	Bajo	0,364±0,0197	0,00409± 0,00004
	PVP2	Bajo	0,251±0,0125	0,000471 ± 0,000042
	PVP3	Medio	0,525±0,0283	0,00210± 0,000009
	PVP4	Medio	0,553±0,0439	0,00385± 0,0000679
	PVP5	Alto	0,953±0,0129	0,0365± 0,00156
	PVP6	Alto	0,807±0,0406	0,0609± 0,00141
Plátano hartón maduro <i>frito</i> (monedas o chips)	PMF1	Bajo	0,512±0,0276	0,0570±0,00136
	PMF2	Bajo	0,490±0,00716	0,0600±0,00148
	PMF3	Medio	0,735±0,0002	0,0447±0,0003632
	PMF4	Medio	-	-
	PMF5	Alto	2,30±0,0450	0,210±0,0113
	PMF6	Alto	2,42±0,0147	0,287±0,0142
Plátano hartón maduro <i>frito</i> (Tostón con dobles fritura-patacón)	PMP1	Bajo	0,710±0,0244	0,0358±0,000570
	PMP2	Bajo	0,759±0,012	0,0395±0,00151
	PMP3	Medio	0,864±0,0024	0,0411±0,000831
	PMP4	Medio	0,490±0,016	0,0417±0,00370
	PMP5	Alto	0,826±0,016	0,0404±0,00128
	PMP6	Alto	0,813±0,0015	0,0434±0,000230
Plátano hartón maduro <i>asado</i> (Plátano maduro <i>asado al horno</i>)	PAM1A	Bajo	0,280±0,0112	0,00783±0,000446
	PAM2A	Bajo	0,304±0,0114	0,00830±0,000565
	PAM3A	Medio	0,359±0,007	0,0112±0,000353
	PAM4A	Medio	0,381±0,013	0,0127±0,000258
	PAM5A	Alto	0,546±0,032	0,0344±0,00336
	PAM6A	Alto	1,10±0,002	0,0516±0,000137

Tabla 3.16. Valores de absorbancia a 284 nm y 420 nm en yucas sometidas a procesos culinarios diferentes con tres niveles de intensidad.

Muestra	Identificación de la muestra	Tratamiento	A-284	A-420
			media ± SD	media ± SD
Yuca frita (Raíces de yuca <i>fritas</i> en forma de bastones)	YF1	Bajo	0,739±0,00652	0,103 ± 0,00575
	YF2	Bajo	0,764±0,0144	0,134 ± 0,000416
	YF3	Medio	0,934±0,0106	0,130± 0,00971
	YF4	Medio	1,03±0,00994	0,120 ± 0,00537
	YF5	Alto	1,91±0,0106	0,119± 0,00385
	YF6	Alto	1,29±0,0489	0,115± 0,00461
Pan de Yuca (Producto <i>horneado</i> de almidón de yuca)	PYH1	Bajo	0,463±0,00269	0,0212±0,00174
	PYH2	Medio	0,489±0,0298	0,0205±0,00184
	PYH3	Alto	0,521±0,0348	0,0241±0,00105

Tabla 3.17. Valores de absorbancia a 284 nm y 420 nm en arepas de maíz sometidas a procesos culinarios diferentes con tres niveles de intensidad.

Muestra	Identificación de la muestra	Tratamiento	A-284	A-420
			media ± SD	media ± SD
Arepa de maíz <i>frita</i> amarilla (Masa frita de harina de maíz amarillo de forma circular aplanada)	AMAF1	Bajo	0,473±0,0304	0,0475±0,00298
	AMAF2	Bajo	0,540±0,0375	0,0490±0,000267
	AMAF3	Medio	0,676±0,00842	0,0675±0,00179
	AMAF4	Medio	0,698±0,0134	0,0760±0,00250
	AMAF5	Alto	0,840±0,0297	0,264±0,00657
	AMAF6	Alto	1,57±0,00345	0,414±0,000736
Arepa de maíz <i>frita</i> blanca (Masa frita de harina de maíz blanco de forma circular aplanada)	AMBF1	Bajo	0,460±0,00565	0,0379±0,000273
	AMBF2	Bajo	0,574±0,0134	0,0594±0,0053
	AMBF3	Medio	0,443±0,00788	0,0456±0,00164
	AMBF4	Medio	0,307±0,0107	0,00516±0,000383
	AMBF5	Alto	0,427±0,0232	0,0356±0,000272
	AMBF6	Alto	0,527±0,00656	0,0571±0,000783
Arepa de maíz <i>asada</i> amarilla	AMAA1	Bajo	0,580±0,00334	0,0567±0,00129
	AMAA2	Bajo	0,699±0,000297	0,0432±0,00180
	AMAA3	Medio	0,688±0,00195	0,0781±0,00313
	AMAA4	Medio	0,355±0,0267	0,0377±0,00220
	AMAA5	Alto	0,518±0,0176	0,0537±0,002410
	AMAA6	Alto	0,602±0,0290	0,0629±0,003450
Arepa de maíz <i>asada</i> blanca	AMBA1	Bajo	0,615±0,00401	0,0784±0,00155
	AMBA2	Bajo	0,760±0,000967	0,107±0,000623
	AMBA3	Medio	0,747±0,00715	0,115±0,000675
	AMBA4	Medio	0,681±0,0135	0,0683±0,00234
	AMBA5	Alto	0,657±0,00491	0,0631±0,00206
	AMBA6	Alto	0,805±0,0142	0,106±0,00672
Arepa de choclo (arepa de granos de mazorca <i>asada</i>)	AMCHA1	Bajo	1,51±0,0602	0,322±0,00854
	AMCHA2	Bajo	2,14±0,0407	0,355±0,0277
	AMCHA3	Medio	2,03±0,00828	0,385±0,00317
	AMCHA4	Medio	2,02±0,00149	0,386±0,00847
	AMCHA5	Alto	2,22±0,0415	0,418±0,0101
	AMCHA6	Alto	2,29±0,0611-	0,445±0,00451

Tabla 3.18. Valores de absorbancia a 284 nm y 420 nm en arepuelas de trigo, churros y croquetas de arroz fritos con diferente nivel de intensidad.

Muestra	Identificación de la muestra	Tratamiento	A-284	A-420
			media \pm SD	media \pm SD
Arepuelas de trigo (Mezcla <i>frita</i> de harina de trigo de formas redondeadas)	ATF1	Bajo	0,326 \pm 0,00655	0,00995 \pm 0,000547
	ATF2	Bajo	0,352 \pm 0,00386	0,0115 \pm 0,000675
	ATF3	Medio	0,320 \pm 0,00559	0,0105 \pm 0,000872
	ATF4	Medio	0,515 \pm 0,0144	0,0232 \pm 0,000178
	ATF5	Alto	0,715 \pm 0,0108	0,0370 \pm 0,000400
	ATF6	Alto	0,798 \pm 0,00788	0,0458 \pm 0,00151
Churros <i>fritos</i> (Masa obtenida a partir de harina de trigo, dulce, frita)	CHTF1	Bajo	0,876 \pm 0,00368	0,0531 \pm 0,00230
	CHTF2	Bajo	1,02 \pm 0,0283	0,0475 \pm 0,00172
	CHTF3	Medio	1,46 \pm 0,00340	0,0607 \pm 0,00159
	CHTF4	Medio	1,45 \pm 0,0147	0,0633 \pm 0,00283
Croquetas de arroz (Roscas de masa de arroz cocido <i>fritas</i>)	CAF1	Bajo	-	-
	CAF2	Bajo	0,203 \pm 0,00105	0,00820 \pm 0,000464
	CAF3	Medio	0,378 \pm 0,00422	0,0533 \pm 0,00321
	CAF4	Medio	0,405 \pm 0,00554	0,0503 \pm 0,00191
	CAF5	Alto	0,547 \pm 0,00754	0,0938 \pm 0,00241
	CAF6	Alto	0,591 \pm 0,0448	0,0865 \pm 0,00248

La influencia del tipo de tratamiento (fritura, asado y horneado) y la diferente intensidad (baja, media y alta) se muestran en las figuras 3.5 y 3.6.

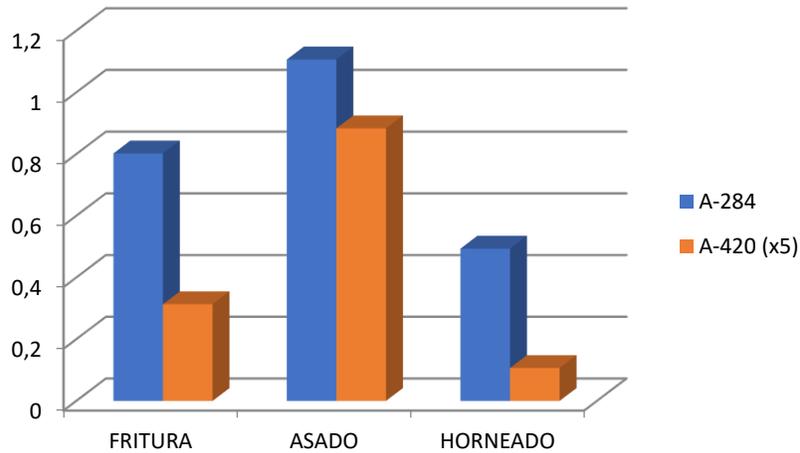


Figura 3.5. Valores de absorbancia medios en preparaciones tradicionales colombinas según el método de cocinado

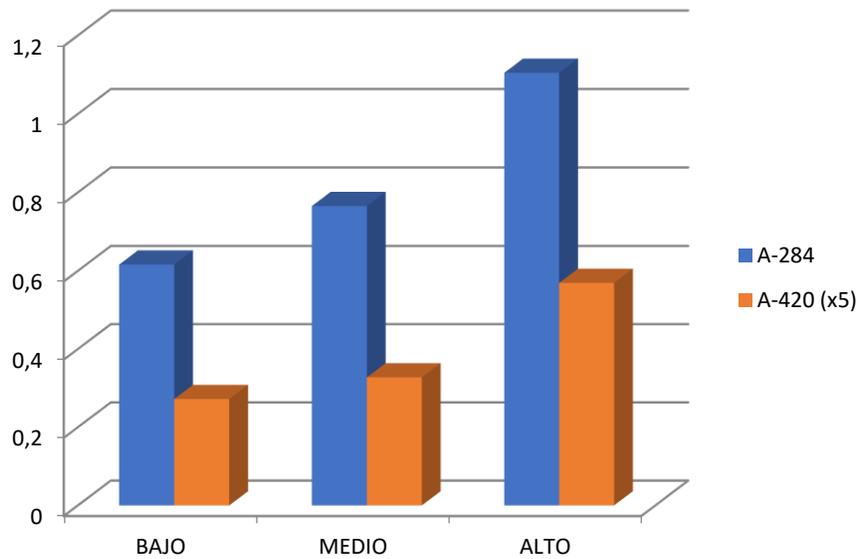


Figura 3.6. Valores de absorbancia medios en preparaciones tradicionales colombinas según intensidad de tratamiento

III.3.2.1.4. Valores medios de acrilamida y precursores entre tratamientos

Las tablas 3.19 a 3.23 muestran el contenido medio de las dos determinaciones realizadas a los tres niveles de intensidad para los parámetros acrilamida, aminoácidos libres totales y azúcares reductores en muestras de patatas, plátanos, yucas, arepas de maíz y muestras fritas elaboradas con trigo y arroz.

Tabla 3.19. Niveles de acrilamida, azúcares reductores y aminoácidos totales libres en patatas sometidas a tres intensidades de tratamiento

Muestra+	Tratamiento	Acrilamida media ± SD	Aminoácidos totales libres media ± SD	Azúcares reductores media ± SD
Patata sabanera frita (Patatas a la francesa fritas)	Bajo	27,6±2,55	520 ±34,3	1,49 ± 0,523
	Medio	151±23,3	441 ± 52,4	1,88 ± 0,786
	Alto	825±94,3	234 ± 26,0	1,50 ± 0,253
Patata Parda pastusa frita (Patatas a la francesa fritas)	Bajo	<LD	990±14,1	0,2125±0,210
	Medio	47,7±10,4	878±63,7	0,077±0,0361
	Alto	457±53,6	625±39,0	0,093±0,107
Patata criolla frita (patatas criollas enteras fritas)	Bajo	<LD	60,4±6,55	0,173±0,0504
	Medio	32,4±5,50	47,5±14,3	0,180±0,01526
	Alto	65,6±51,6	37,0±10,2	0,219±0,01963
Patata criolla dorada (Patatas criollas enteras cocidas en agua y fritas)	Bajo	<LD	375±11,7	0,425±0,156
	Medio	<LD	350±33,1	0,410±0,0457
	Alto	<LD	329±20,1	0,352±0,195
Papa precocida frita (Patatas elaboradas con patatas colombianas prefreídas y congeladas)	Bajo	51,7 ± 5,88	710 ± 94,7	1,02 ± 0,437
	Medio	275 ± 205	543 ± 205	1,59 ± 0,321
	Alto	1277 ± 429	237 ± 6,14	1,63 ± 0,753

Tabla 3.20. Niveles de acrilamida, azúcares reductores y aminoácidos totales libres en plátanos sometidas a tres intensidades de tratamiento

Muestra	Tratamiento	Acrilamida media± SD	Aminoácidos totales libres media ± SD	Azúcares reductores media ± SD
Plátano hartón verde frito (monedas o chips)	Bajo	<LD	68,5 ± 17,7	11,0 ± 2,08
	Medio	1174±429	41,6 ± 5,99	6,77 ± 0,229
	Alto	1245±101	23,4 ± 3,71	3,00 ± 0,545
Plátano hartón verde frito (patacón)	Bajo	41,7 ± 11,2	49,7 ±6,67	9,79 ±1,45
	Medio	258 ± 17,9	51,2± 23,6	8,12±2,50
	Alto	578 ± 70,9	26,8 ±18,6	4,32±0,671
Plátano hartón maduro frito (Plátano maduro frito en forma de moneditas o chips)	Bajo	<LD	39,2±3,83	-
	Medio	<LD	42,8±1,20	-
	Alto	<LD	30,0±1,60	-
Plátano hartón maduro (patacon)	Bajo	<LD	148±1,43	-
	Medio	<LD	89,2±3,98	-
	Alto	5,28±0,508	55,0±10,8	-
Plátano hartón maduro asado (Plátano maduro asado moneditas)	Bajo	<LD	69,4±8,69	-
	Medio	<LD	58,2±8,06	-
	Alto	<LD	17,8±6,44	-

Tabla 3.21. Niveles de acrilamida, azúcares reductores y aminoácidos totales libres en preparaciones de yuca o almidón de yuca sometidas a tres intensidades de tratamiento

Muestra	Tratamiento	Acrilamida media ± SD	Aminoácidos totales libres media ± SD	Azúcares reductores media ± SD
Yuca frita	Bajo	11,4 ± 1,26	48,8 ± 5,18	13,1 ± 1,69
	Medio	20,1 ± 1,22	45,1 ± 4,88	11,4 ± 1,15
	Alto	44,6 ± 4,83	32,6 ± 9,28	18,0 ± 0,770
Pan de Yuca (Raíces de yuca fritas en forma de bastones)	Bajo	11,6 ± 0,192	36,1±1,12	0,178±0,0118
	Medio	12,4 ± 0,205	22,8±1,61	0,263±0,0123
	Alto	20,5 ± 1,58	21,8±0,411	0,0975±0,00874

Tabla 3.22. Niveles de acrilamida, azúcares reductores y aminoácidos totales libres en preparaciones elaboradas con harina de maíz o mazorca sometidas a tres intensidades de tratamiento.

Muestra	Tratamiento	Acrilamida media \pm SD	Aminoácidos totales libres media \pm SD	Azúcares reductores media \pm SD
Arepa de maíz frita amarilla (Masa de harina de maíz amarillo de forma circular o semi-aplanada que se puede freír o asar)	Bajo	3,17 \pm 0,348	<LD	0,279 \pm 0,0396
	Medio	13,3 \pm 0,492	<LD	0,896 \pm 0,111
	Alto	35,6 \pm 5,49	<LD	0,0432 \pm 0,0499
Arepa de maíz frita blanca (Masa de harina de maíz blanco de forma circular o semi-aplanada que se puede freír o asar)	Bajo	3,60 \pm 0,49	<LD	0,643 \pm 0,454
	Medio	4,94 \pm 2,12	<LD	1,02 \pm 1,09
	Alto	17,6 \pm 2,29	<LD	0,141 \pm 0,163
Arepa de maíz ASADAS amarilla (Masa de harina de maíz amarillo de forma circular o semi-aplanada que se puede freír o asar)	Bajo	<LD	23,9 \pm 1,66	0,966 \pm 0,0649
	Medio	<LD		1,13 \pm 0,116
	Alto	2,58 \pm 0,166		0,828 \pm 0,249
Arepa de maíz ASADAS blanca (Masa de harina de maíz blanco de forma circular o semi-aplanada que se puede freír o asar)	Bajo	<LD	26,0 \pm 2,27	3,78 \pm 0,0712
	Medio	<LD		2,82 \pm 0,771
	Alto	49,3 \pm 39,9		0,776 \pm 0,176
Arepa de choclo	Bajo	120 \pm 4,42	74,9 \pm 6,50	0,851 \pm 0,0659
	Medio	101 \pm 16,4	71,0 \pm 2,57	0,939 \pm 0,0460
	Alto	188 \pm 8,54	57,1 \pm 9,96	1,96 \pm 0,677

Tabla 3.23. Niveles de acrilamida, azúcares reductores y aminoácidos totales libres en preparaciones elaboradas con harina de trigo o arroz sometidas a tres intensidades de tratamiento

Muestra	Tratamiento	Acrilamida media \pm SD	Aminoácidos totales libres media \pm SD	Azúcares reductores media \pm SD
Arepuelas de trigo (Mezcla frita de harina de trigo de formas redondeadas)	Bajo	12,2 \pm 1,11	776 \pm 11,0	2,45 \pm 0,0982
	Medio	47,3 \pm 12,3	315 \pm 66,4	1,45 \pm 0,203
	Alto	81,6 \pm 5,64	239 \pm 118	0,447 \pm 0,325
Churros fritos	Bajo	14,2 \pm 1,27	6,38 \pm 0,488	1,86 \pm 0,0378
	Medio	19,6 \pm 0,849	3,49 \pm 1,23	2,06 \pm 0,0615

Muestra	Tratamiento	Acrilamida media ± SD	Aminoácidos totales libres media ± SD	Azúcares reductores media ± SD
Croquetas de arroz (Roscas de masa de arroz cocido fritas)	Bajo	<LD	6,45±0,01	0,393±0,0275
	Medio	<LD	8,04±0,100	0,265±0,0151
	Alto	7,82 ± 0,403	<LD	0,393±0,112

Como podemos observar al ser un tratamiento casero las desviaciones estándar obtenidas fueron muy variables. Para la acrilamida el coeficiente de variación osciló entre 0,12% para la fritura de arepa de maíz amarilla a intensidad baja y 78,6% para la fritura de papa criolla a intensidad alta. El coeficiente de variación medio para la acrilamida fue de 9,6%.

III.3.2.3. Determinaciones realizadas en muestras comerciales

La tabla 3.24 muestra el contenido de acrilamida en algunos productos colombianos comerciales y en preparaciones elaboradas a partir de ellos.

Tabla 3.24. Contenido medio de acrilamida en productos comerciales colombianos y preparaciones elaboradas

Muestra	Media de acrilamida (µg/Kg ó L) ± SD
SÓLIDOS	
Café molido sólido	930 ± 28,0
Café soluble	44,9± 2,03
Panela en bloque-1	628± 24,1
Panela instantánea	663 ± 34,1
Pan de arroz	1,27 ± 0,0493
Galletas de leche	54,9 ± 1,85
Moneditas de maduro	4,05 ± 0,140
Achiras	2,25± 0,0928
LÍQUIDOS	
Bebida de chocolate (pastilla dispersa en agua al 12%)	13,0 ± 0,810
Infusión de café (4%)	32,8± 1,14
Agua de panela líquida (panela en bloque-2 diluida en agua 10%)	51,2 ± 0,784

III.3.3. DISCUSIÓN

III.3.3.1. Coeficientes de variación entre tratamientos semejantes

El procesado de los platos se ha realizado a tres niveles de intensidad y cada nivel se realizó por duplicado. La media, mediana, valor máximo y mínimo de los coeficientes de variación entre procesos semejantes (bajo con bajo, medio con medio y alto con alto) para las variables analizadas se muestran en la tabla 3.25.

Tabla 3.25. Media, mediana, valor máximo y mínimo de los coeficientes de variación (%) entre tratamientos

	Pérdida de peso	Humedad	A-284	A-420	Aminoácidos totales libres	Azúcares reductores	Acrilamida
MEDIA	3,24	6,28	11,0	19,4	15,3	29,2	15,6
MEDIANA	2,72	3,54	9,20	14,1	10,8	16,9	9,60
MÍNIMO	0,235	0,0545	0,0264	0,812	0,151	1,35	0,118
MAXIMO	18,6	25,3	39,0	92,1	69,3	116	78,6

El menor coeficiente de variación para el mismo tratamiento se obtuvo para la pérdida de peso, seguido de la humedad y los valores más altos para azúcares reductores. Aunque las temperaturas y tiempos entre los mismos tratamientos son iguales el procesado en sartén y no en freidora justifica estas diferencias que fueron menores para la pérdida de peso ya que en ella solo influye la variación en el tratamiento y no la variación adicional del método de determinación al ser una simple pesada.

Por tipo de tratamiento (fritura frente a horneado y asado) se obtuvieron mayores variaciones en las primeras 3,36% de coeficiente de variación en la pérdida de peso y 4,08% para la humedad frente al 2,83% y 4,08% para horneado y asado para la pérdida de peso y la humedad respectivamente.

Por alimentos e incluyendo las tres intensidades y para el indicador acrilamida los que presentaron menores coeficientes de variación fueron la arepa de maíz frita amarilla (7,39%) y la yuca (9,92%) y los de mayor variación fueron las patatas prefritas (48,5%) y las patatas criollas fritas (58,4%). Los plátanos verdes patacones, las patatas pastusas y las arepuelas de trigo presentaron valores entre 18 y 20%. Comparativamente (Mesias *et al.*, 2019) encontraron variaciones entre el 21,5 y 47,6% en el contenido de acrilamida en patatas fritas precocidas analizadas en dos momentos del día y en dos días diferentes de 10 restaurantes que seguían procedimientos de fritura estandarizados por ellos.

III.3.3.2. Estudio en patatas

Se analizaron 3 variedades de patatas, dos de ellas, sabanera (tipo serosa) y pastusa (tipo harinosa) pertenecientes a la especie *Solanum tuberosum* y otra, la variedad criolla (tipo harinosa) perteneciente a la especie *Solanum phureja*. También se analizaron patatas prefritas comerciales congeladas (tipo serosa). El tratamiento fue sólo fritura realizada a 180°C, aunque las temperaturas alcanzadas por el aceite al final del proceso oscilaron entre 160 y 172°C (tabla 3.1). Los tiempos de tratamiento variaron para la intensidad más baja y más alta entre 3 y 12 minutos y entre 8 y 20 minutos respectivamente y en todos los casos el producto era comestible. La concentración de

acrilamida se incrementó con el tiempo de fritura de forma estadísticamente significativa ($p < 0,01$) cuando se consideran todas las patatas analizadas ($r = 0,574$).

Los valores más altos se obtuvieron en la especie *Solanum tuberosum*, llegando hasta valores próximos a 1650 $\mu\text{g}/\text{kg}$ en el dorado más intenso de la patata prefrita congelada comercial (tabla 3.9). Colombia no cuenta en la actualidad con una normativa sanitaria que establezca valores de referencia de acrilamida en alimentos; si comparamos los resultados con los que recoge el Reglamento de la Unión Europea 2017/2018 (Comisión Europea, 2017), las muestras que sobrepasaron el máximo permitido por esta legislación, que es de 500 $\mu\text{g}/\text{kg}$ para este tipo de patatas, fueron 9 de las 60 analizadas (15% del total y un 25% si solo se consideran las de la especie *S. Tuberosum*) y todas ellas corresponden al dorado más intenso. Un porcentaje de muestras por encima del valor máximo similar, 13,5%, es recogido en el trabajo realizado por Mesías *et al.*, (2019) en fritura de patatas precocidad comerciales en restaurantes seleccionados.

El contenido de azúcares reductores de partida de la especie *Solanum phureja* variedad criolla fueron superiores a los de la especie *Solanum tuberosum* (tabla 3.6) y ambos superiores al valor medio obtenido de 0,131% por Mesías *et al.* (2019) en patatas precocidas congeladas utilizadas para fritura de patatas tipo francés. Dado que en las patatas los azúcares reductores son los precursores limitantes, el menor contenido de acrilamida en la variedad criolla (papa criolla frita y papa criolla dorada) se debe al menor tiempo necesario para obtener un producto comestible y al mayor volumen de muestra (enteras frente a bastones), lo que se corresponde con la menor pérdida de peso en estas muestras y la mayor humedad de estas (tabla 3.7). Ventura & García (2015) señalan que la formación de la acrilamida ocurre en la parte superficial de los alimentos, donde se alcanzan mayores temperaturas; en el interior no siempre se genera este compuesto al ser la temperatura inferior a la requerida para la formación de acrilamida. Los contenidos en azúcares reductores, exceptuando a la patata de la variedad criolla, fueron inferiores al límite máximo de 0,3% considerado para el empleo de patatas para fritura (Mesías *et al.*, 2019).

Si comparamos las dos variedades de *Solanum tuberosum*, la papa sabanera y la pastusa, la primera fue la que mayor contenido de acrilamida generó durante su fritura. El contenido de asparagina y azúcares reductores de las patatas crudas fue semejante no así el pH, mayor para la patata sabanera lo que podría favorecer la formación de acrilamida. Sin embargo, hay que indicar que la mayor generación también se debe al mayor tiempo de fritura necesario para obtener productos de similar calidad organoléptica y que podría deberse a que ambas variedades de patatas presentaran estructura diferente y al obtener valores de humedad ligeramente más bajos en las patatas de la variedad sabanera en el último tratamiento.

El contenido de acrilamida que se generó en los tres niveles de dorado fue estadísticamente diferente para las dos variedades papa sabanera y pastusa (tabla 3.26 y figuras 3.7 y 3.8). En el caso de la patata parda pastusa no se generó acrilamida en la primera intensidad de dorado mientras que en el caso de la patata sabanera la tercera intensidad de dorado ya produce niveles de acrilamida superiores a los permitidos en la legislación europea (Comisión Europea, 2017).

Tabla 3.26.- Diferencias estadísticas entre intensidades de tratamiento (baja, media, alta) ($p < 0,05$)

MUESTRA	A-284	A-420	Humedad	Acrilamida	Aminoácidos	Azúcares reductores	Pérdida de peso
PSAF	&, Ω	&, Ω	#	#	#		#
PPF	#	&, Ω	#	#	#		#
PCF				&	&		#
PCD	&, Ω	#	#				#
PPFA	&, Ω	&, Ω	&	&, Ω	&, Ω		#
PVM	#	#	§;&	§;&	§;&	#	#
PVP	#	&, Ω	#	#		&, Ω	#
PMF	#	&, Ω	#	0	&, Ω		&, Ω
PMP			Ω	Ω	#		#
YF	&, Ω	Ω	#	#	&, Ω	&	#
AMAF	&, Ω	&, Ω	#	#	0	#	#
AMBF	§		#	&, Ω	0		#
CAF	#	#	#	&, Ω	0		#
ATF	&, Ω	&, Ω	#	#	&	#	#
CHTF*	#	#	#	#	#	#	#
PAM	&, Ω	&, Ω	#	0	&, Ω		#
PYH			&, Ω	&, Ω	§;&	#	
AMAA			#	&, Ω	0		#
AMBA			&, Ω		0	#	#
AMCHA	&	#	§;&	&, Ω	&, Ω	&, Ω	#

(baja-media-alta); § (baja-media); & (baja-alta); Ω (media-alta); *solo dos intensidades de tratamiento

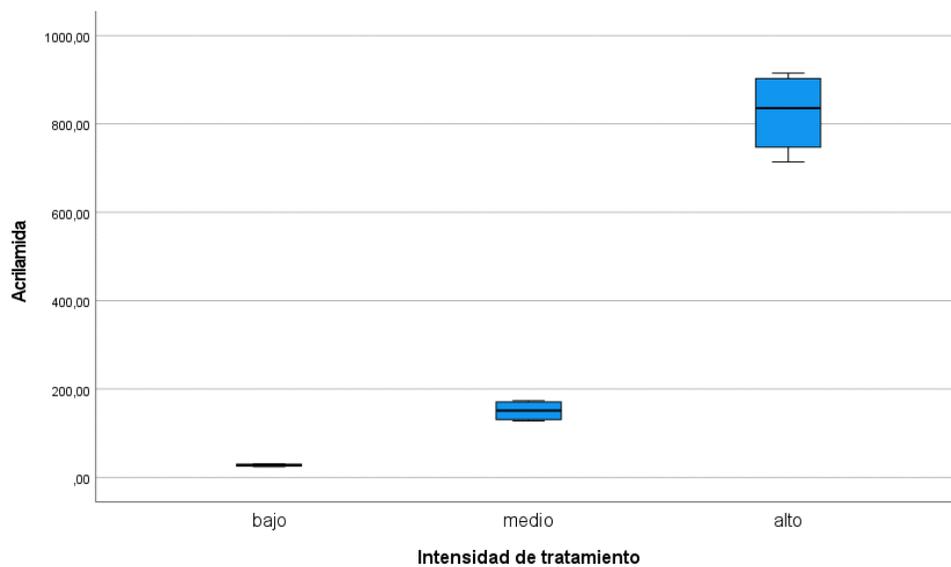


Figura 3.7.- Contenido de acrilamida en patata sabanera frita según intensidad de tratamiento

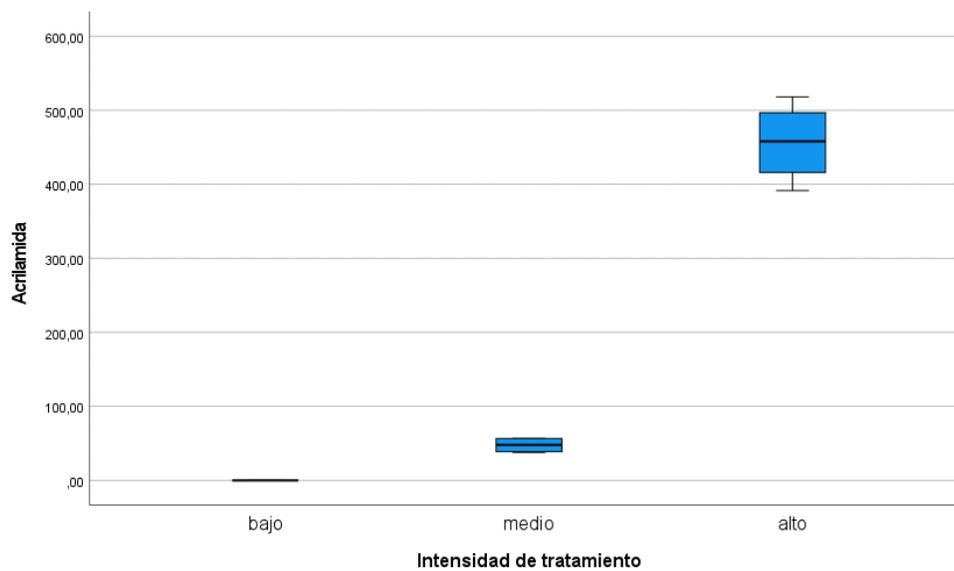


Figura 3.8.- Contenido de acrilamida en patata pastusa frita según intensidad de tratamiento

Los valores de absorbancia a 284 nm y 420 nm (tabla 3.14) muestran el avance de la reacción de Maillard debido a compuestos intermedios (5-hidroximetilfurfural, furfural) y finales (pigmentos pardos=melanoidinas) respectivamente(Zapata, 2016). Estos valores se incrementaron conforme avanza la intensidad de tratamiento térmico (figura 3.9) para ambas variedades de la especie *S. tuberosum* no siendo estadísticamente significativas las diferencias entre la intensidad baja y media (tabla 3.26).

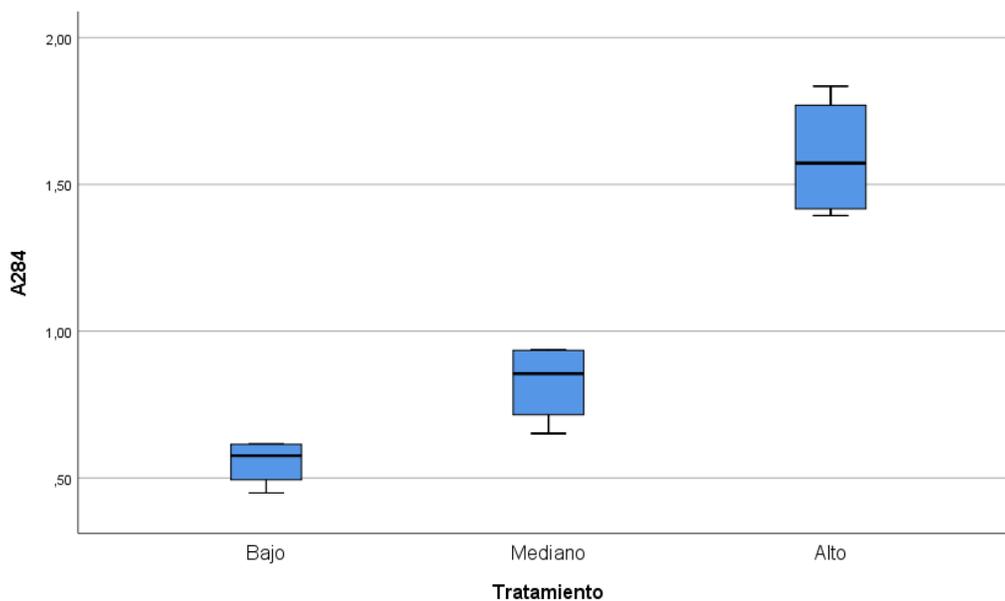


Figura 3.9.- Absorbancia a 284 nm en patata sabanera según intensidad de tratamiento

La relación entre las medidas de absorbancia y la concentración de acrilamida fue igual o superior a $r=0,706$ ($p<0,05$) (Tabla 3.27), relación similar a la obtenida por Mesías *et al.* (2019) para acrilamida y la medida del parámetro a^* en el sistema CIELab de medida de color de muestras sólidas. El color es uno de los parámetros críticos para decidir el punto final de fritura y es el resultado de la extensión de la Reacción de Maillard que depende, entre otros, del contenido superficial de azúcares reductores, temperatura, tiempo de fritura y contenido de humedad (Pedreschi *et al.*, 2006).

La relación entre humedad y absorbancia osciló entre $r=-0,804$ para la A420 de patata sabanera y $r=0,972$ para la A284 de patata sabanera.

Tabla 3.27. Correlaciones de acrilamida con otros parámetros

MUESTRA	A-284	A-420	Humedad	Acrilamida (#,&,€)	Aminoácidos	Azúcares reductores	pérdida de peso
PSAF	0,916**	0,706*	-0,930**	1 (#)	-0,895**	0,147	0,820**
PPF	0,904**	0,911**	-0,921**	1(#)	-0,847**	-0,153	0,978**
PCF	0,719**	0,178	-0,118	1(€)	-0,242	-0,043	0,576
PCD							
PPFA	0,895**	0,930**	-0,930**	1(&)	-0,923**	0,455	0,989**
PVM	0,762**	0,648**	-0,861**	1(&)	-0,790**	-0,733**	0,806**
PVP	0,930**	0,734**	-0,853**	1(#)	-0,608*	-0,846**	0,891**
PMF							
PMP	0,433	0,316	-0,772**	1(&)	-0,766**		0,841**
YF	0,916**	-0,238	-0,972**	1(#)	-0,727**	0,706*	0,820**
AMAF	0,930**	0,902**	-0,989**	1(#)	-	-0,480	0,933**
AMBF	-0,161	-0,182	-0,797**	1(&)	-	-0,459	0,678*
CAF	0,847**	0,765**	-0,792**	1(&)	-0,615	0,497	0,860**
ATF	0,846**	0,909**	-0,944**	1(#)	-0,923**	-0,930**	0,876**
CHTF	0,857**	0,595	-0,881*	1(#)	-0,810*	0,762*	0,683
PAM							
PYH	0,714	0,486	-0,943**	1(&)	-0,657	-0,429	0,478
AMAA	-0,312	0,133	-0,790**	1(&)		-0,499	0,774**
AMBA	0,333	-0,200	-0,841**	1		-0,824**	0,841**
AMCHA	0,860**	0,566	-0,140	1(&)	-0,762**	0,545	0,452

**p-valor <0,01; * p-valor <0,05; # (Diferencia entre los tres tratamientos); & (diferencia entre dos tratamientos); € (Diferencia entre un tratamiento)

Los precursores principales de la acrilamida durante la fritura de las patatas son la asparagina y los azúcares reductores (glucosa y fructosa). En estas muestras se ha determinado por métodos volumétricos inespecíficos el contenido de aminoácidos totales y azúcares reductores.

Las correlaciones obtenidas en aminoácidos totales, humedad, acrilamida y absorbancias a 284 y 420 nm fueron coherentes y significativas y por encima de $r = 0,776$ ($p < 0,01$). La pérdida de aminoácidos libres totales que se produjo durante el tratamiento fue estadísticamente significativa ($p < 0,05$) (tabla 3.26), mayor en la sabanera que en la pastusa (55% vs 37%) (tabla 3.9) y relacionado estadísticamente ($p < 0,01$) con la generación de acrilamida ($r \geq -0,847$) (tabla 3.27 y fig. 3.10). (Halford *et al.*, 2012) encontró que la concentración total de aminoácidos libres se correlaciona con la formación de acrilamida en diversas variedades de patata frita de tipo francés, como las utilizadas en este estudio, no en las variedades de patata fritas tipo chips.

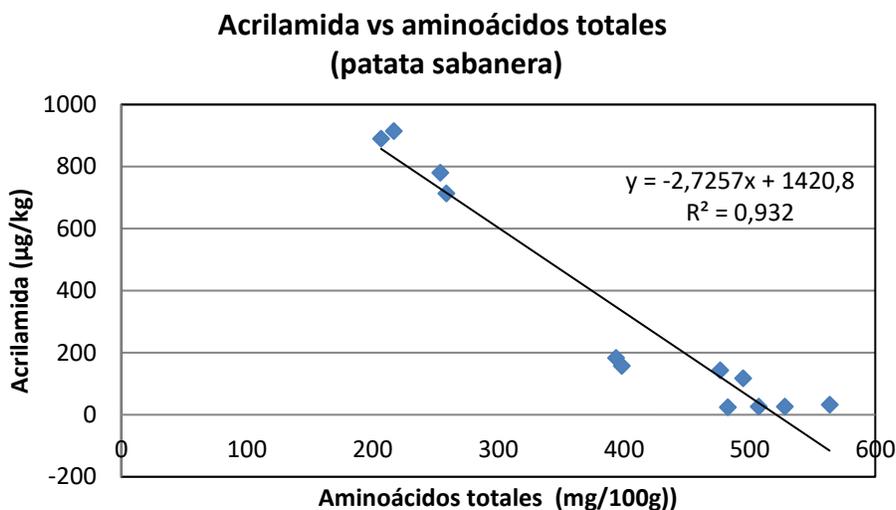


Figura 3.10.- Relación entre acrilamida y aminoácidos totales en patata sabanera según intensidad de tratamiento

Las correlaciones obtenidas entre azúcares reductores y acrilamida no fueron estadísticamente significativas (tabla 3.27). El alto grado de pardeamiento de las patatas fritas (con alto poder reductor)(Friedman, 2015) hace que la medida de azúcares reductores no sirva para comprobar el alcance de la pérdida de estos durante la fritura.

El comportamiento de la patata pre-frita congelada fue muy similar al de la patata sabanera (ambas tipo seroso) obteniéndose concentraciones de acrilamida desde la primera intensidad de dorado y llegado a valores superiores en la tercera intensidad (tabla 3.9), aunque el tiempo de tratamiento fue la mitad (tabla 3.1); en este caso no hubo diferencias estadísticas entre la intensidad baja y media (tabla 3.26). Los valores más altos de acrilamida obtenidos en la patata pre-frita congelada vs sabanera pueden deberse a la menor humedad final obtenida y a que la pre-fritura llevada a cabo por la industria que puede haber facilitado el inicio de la reacción de Maillard. El informe de EFSA (2015) recoge el estudio de Lauren Jackson, como comunicación personal, de fritura casera de

patatas pre-cocidas a 185°C durante 5 minutos, obteniendo valores al final del proceso de 1512 µg/kg, casi el doble de los que obtenía en 4 minutos, valores tan elevados pueden explicarse por el contenido de 45 µg/kg de acrilamida en las patatas de partida, cosa que no sucedía en nuestro estudio, donde no detectamos acrilamida en las patatas de partida(EFSA, 2015).

Las relaciones obtenidas entre acrilamida-intensidad de tratamiento térmico (humedad), acrilamida-reacción de Maillard (A284 y A420) y acrilamida-precusores (aminoácidos totales y azúcares reductores) fueron muy similares (tabla 3.28).

Tabla 3.28.-Correlaciones de diferentes análisis en patatas sabaneras y (pre-fritas congeladas) fritas a diferente tiempo*

	Acrilamida	A-284	A-420	Aminoácidos totales	Azúcares Reductores
Humedad	-0,980/(-0,931)	-0,971/(-0,902)	-0,810/(-0,768)	0,937/(0,860)	-0,371/(-0,559)
Acrilamida		0,968/(0,895)	0,849/(0,930)	-0,965/(0,923)	0,091/(0,455)
A-284			0,867/(0,943)	-0,905/(-0,930)	0,350/(0,238)
A-420				-0,777/(-0,867)	0,091/(0,231)
Aminoácidos totales					-0,133/(-0,315)

* Todas estadísticamente significativas ($p < 0,01$) excepto para azúcares reductores.

Mesías *et al.* (2019) encontraron un valor medio de humedad del 45,5% en el análisis de patatas precocidas congeladas y fritas en restaurantes en condiciones estandarizadas, esto mismos autores encontraron que cuando el valor es inferior al 40% se excede el límite máximo establecido por la Comisión Europea de 500 µg/kg. En nuestro estudio valores más bajos del 40% de humedad en el producto final no siempre producen valores superiores al límite máximo establecido sobre todo en la fritura de patatas pastusa.

Patatas fritas con valores de acrilamida superiores a 500 µg/kg (sabanera, pastusa y pre-frita) presentaron valores de absorbancia a 284 nm superiores a 1 lo que podría ser de utilidad como control del proceso.

Los valores promedio de acrilamida de las patatas fritas en bastoncillos (sabanera, pastusa y prefrita comercial) obtenidos de los tres niveles de fritura fueron de 346 µg/kg, con un rango muy amplio, desde <LD hasta 1657 µg/kg, igual al obtenido por Pacetti *et al.*(2015) en patatas comerciales caseras colombianas. Si consideramos de forma independiente los tres niveles de intensidad el contenido de acrilamida fue de 26,4 µg/kg, 158 µg/kg y de 853 µg/kg para las intensidades de dorado baja, media y alta respectivamente. La fritura a intensidad media fue inferior al reportado por el Instituto Nacional de Vigilancia de Medicamentos y Alimentos de Colombia (239 µg/kg)(INVIMA, 2018) y al encontrado por Barón *et al.*(2021) en patatas colombianas que fue de 188 µg/kg. Los valores de acrilamida de patatas fritas tipo francesa comercial han ido disminuyendo con el tiempo, así se han encontrado valores de 400-600 µg/kg (JECFA, 2011), de 661 µg/kg (Pacetti *et al.*, 2015),

de 308 $\mu\text{g}/\text{kg}$ (Comisión Europea, 2017) y valores medios de 303 $\mu\text{g}/\text{kg}$ en patatas fritas de restaurantes españolas (Mesias *et al.*, 2019) estando los valores encontrados en este estudio más bajos para niveles de intensidad medio y bajo.

La influencia del procesado sobre el contenido de acrilamida en patatas se conoce desde hace tiempo, Matthäus & Haase (2002) demostraron que el efecto de la temperatura es más pronunciado que el incremento en el tiempo de fritura, estos mismos autores comprobaron que la formación de acrilamida durante la fritura es mayor que durante el horneado debido a la eficacia en la transferencia de calor. La formación de acrilamida en la fritura se produce durante la segunda mitad del proceso (Fiselier *et al.*, 2006) lo que justifica la diferencia entre los tres tratamientos y que solo en unos pocos minutos finales se pueda hasta quintuplicar los valores de acrilamida obtenidos. Fiselier *et al.* (2006) propusieron bajar la temperatura al final del proceso, como en un procesado casero en sartén como el realizado por nuestro estudio, esto es muy difícil, es muy importante fijar el tiempo óptimo para las distintas variedades de patata que se consumen en Colombia.

Como resumen de las patatas que se **frieron en tiras**, el contenido de acrilamida fue más alto en las de tipo ceroso (sabanera y prefrita congelada), que son las utilizadas habitualmente para freír y el contenido más bajo en las de tipo harinoso (patata pastusa) que no son adecuadas para freír pero que son muy usadas con este propósito en Colombia.

Las patatas de la variedad criolla (tipo harinosa), perteneciente a la especie *Solanum phureja*, se analizaron en dos formas: enteras fritas y enteras-precocidas y fritas, estas últimas se elaboran de forma tradicional en Colombia para obtener un producto con un contenido de aceite mucho menor (20,5% vs 1,32%) (tabla 3.7). Solo se obtuvieron cantidades detectables de acrilamida en la patata criolla frita y a partir del segundo grado de dorado (18 min/162°C) obteniéndose valores hasta de 110 $\mu\text{g}/\text{kg}$ (figura 3.11) y existiendo diferencias estadísticamente significativas ($p < 0,05$) entre la intensidad baja y alta (tabla 3.26).

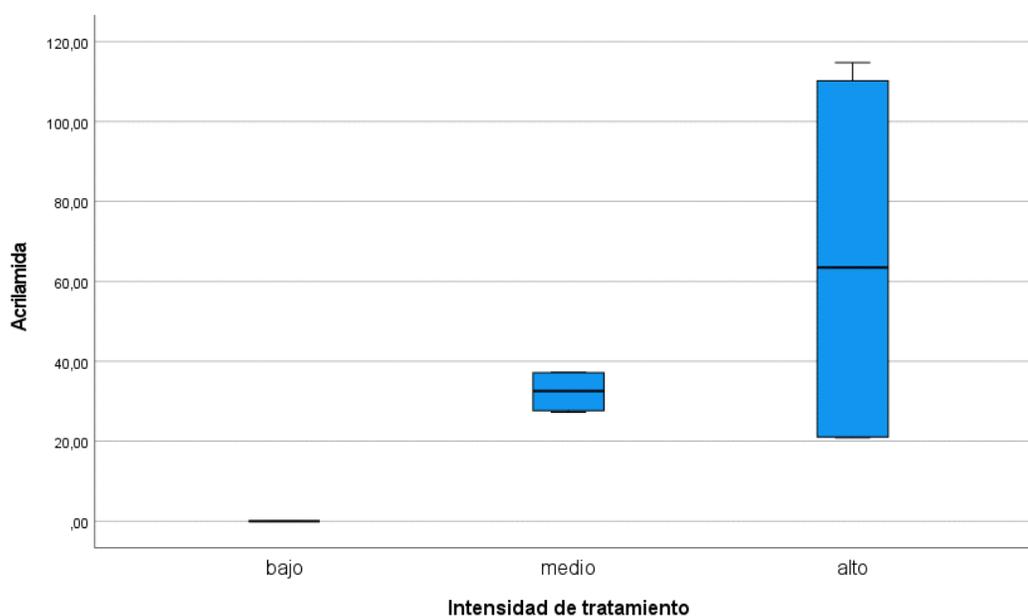


Figura 3.11. Contenido de acrilamida en patata criolla frita según intensidad de tratamiento

La pre-cocción previa realizada a las patatas criollas precocidas y fritas, limita la fritura a un máximo de 8 minutos para obtener un grado de dorado intenso, tiempo que no fue suficiente para generar acrilamida. Este tiempo es inferior al tiempo que se necesita para lograr la menor intensidad de dorado en las patatas que no llevan pre-cocción (patata criolla frita).

El contenido de acrilamida solo se correlacionó estadísticamente con la absorbancia a 284 nm y no con la de 420 nm (tabla 3.27), según Taubert *et al.* (2004), el nivel de pardeamiento (A420) que la patata adquiere al freírse puede no ser considerada una medida fiable para estimar el contenido de acrilamida cuando el producto utilizado presenta gran tamaño o volumen.

Durante la fritura de ambos tipos de patatas hubo modificaciones estadísticamente significativas ($p < 0,05$) entre tratamientos para aminoácidos y acrilamida en patata criolla frita entre la intensidad baja y alta y para patata criolla dorada entre intensidad baja y alta y entre media y alta para la A-284. En esta misma patata (patata criolla dorada) también las hubo para A-420, humedad y pérdida de peso para las tres intensidades de tratamiento térmico (tabla 3.26). En ningún caso los valores de absorbancia a 284 nm fueron superiores a 1.

Las relaciones obtenidas entre los indicadores analizados siguieron un comportamiento lógico, a mayor absorbancia a 284 y 420 nm y acrilamida menor humedad, contenido de aminoácidos libres totales y azúcares reductores, siendo más significativas para las patatas criolla precocidas y fritas. (tabla 3.29).

Tabla 3.29.-Correlaciones de diferentes análisis en patatas criollas fritas (PCF) y precocidas fritas (PCD) a diferente tiempo

	Acrilamida PCF(PCD)	A-284 PCF(PCD)	A-420 PCF(PCD)	Aminoácidos totales PCF(PCD)	Azu. Red. PCF(PCD)
Humedad	-0,118/-	-0.589*/(-0,594*)	-0,470/(-0,853**)	0,302/(0,573)	0,382/(0,2245)
Acrilamida		0,719**/-	0,178/-	-0,242/-	-0,043/-
A-284			0,483/(0,762**)	-0,336/(-0,804**)	-0,028/(-0,203)
A-420				-0,147/(-0,804**)	-0.413/(-0,203)
Aminoácidos totales					-0,315/(0,455)

* ($p < 0,05$); ** ($p < 0,01$)

Como resumen podemos indicar que la precocción previa reduce el contenido de grasa de las patatas durante su fritura y previene la formación de acrilamida.

III.3.3.3. Estudio en plátanos

Se analizó una variedad de plátano “hartón” en dos estados fisiológicos “inmaduros” (verde) y “maduros” y en dos formas, rodajas y cilíndricas. Las rodajas fueron sometidas a un proceso de fritura a 180°C y tiempo variable según grado de maduración, para las muestras verdes fue de 6 a 10 minutos y para muestras maduras de 4 a 7 minutos. Los plátanos cortados en forma cilíndrica se frieron dos veces, la segunda después de darle forma plana, la fritura se realizó a 180°C entre 10 y 20 minutos para los plátanos inmaduros y 12 a 16 minutos para los plátanos maduros; la temperaturas medias finales de fritura fueron de 167°C para los inmaduros y 160°C para los maduros. Los plátanos cortados en rodajas maduros también se sometieron a un proceso de horneado a 232°C entre 20 y 30 minutos según el grado de dorado deseado. Paralelamente se analizaron plátanos maduros procedentes de Colombia de la variedad “plantain” que se frieron en rodajas y patacones en el laboratorio del departamento a temperaturas de 180°C a intensidades de 9 y 14 minutos para la forma de rodajas y de 8 minutos como primera fritura y de 4 y 8 minutos como segunda fritura, según la intensidad deseada, para los elaborados como patacones. Todas las muestras eran comestibles.

La acrilamida no fue detectada en las muestras de plátano maduro de la variedad “hartón” tipo monedas y patacones fritos, salvo concentraciones inferiores a 6 µg/kg en la intensidad más alta de patacones (figura 3.12).

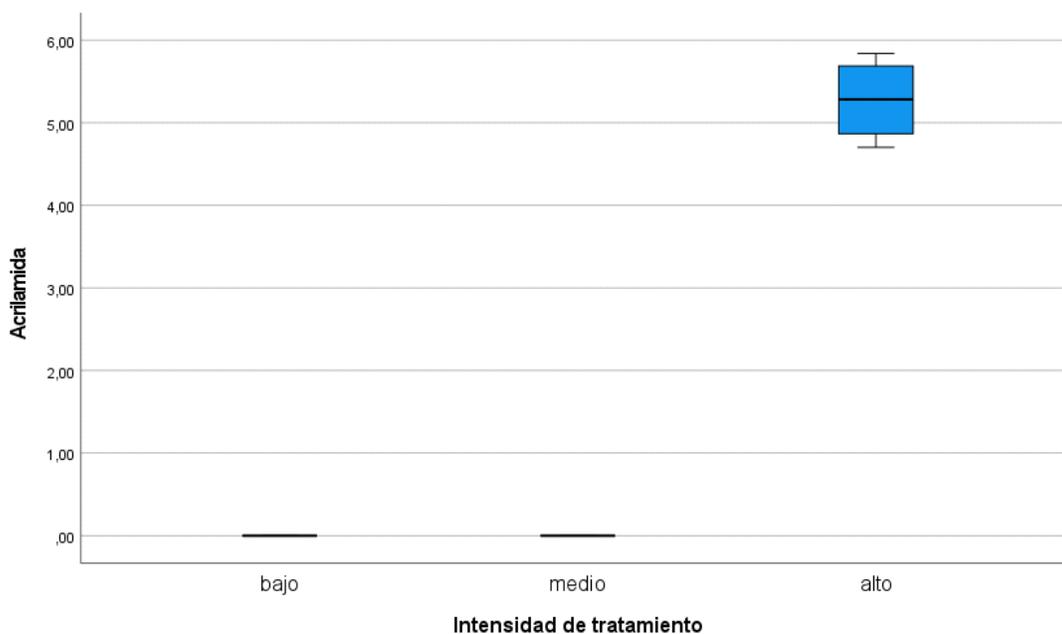


Figura 3.12.- Contenido de acrilamida en plátano maduro patacón según intensidad de tratamiento

Los plátanos de la variedad “plantain.” adquiridos en Granada mostraron valores desde no detectado para la intensidad más baja del plátano patacón hasta 253 µg/kg para el mismo plátano a la máxima intensidad de tratamiento. Tampoco se detectó acrilamida en muestras horneadas.

III.3.3.3.1. Estudio en plátanos fritos

En plátanos verdes las concentraciones medias oscilaron entre no detectado y 1542 $\mu\text{g}/\text{kg}$ para el tipo monedas y entre 32,4 y 628 $\mu\text{g}/\text{kg}$ para los fritos como patacón (tabla 3.10, figuras 3.13 y 3.14).

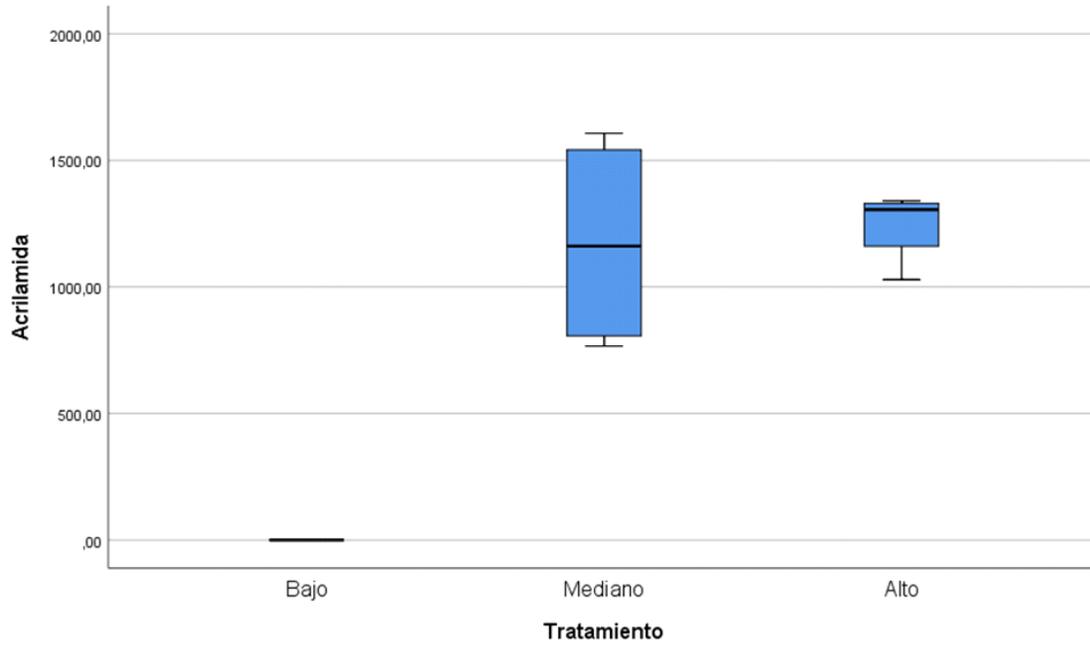


Figura 3.13. -Contenido de acrilamida en plátano verde tipo monedas según intensidad de tratamiento

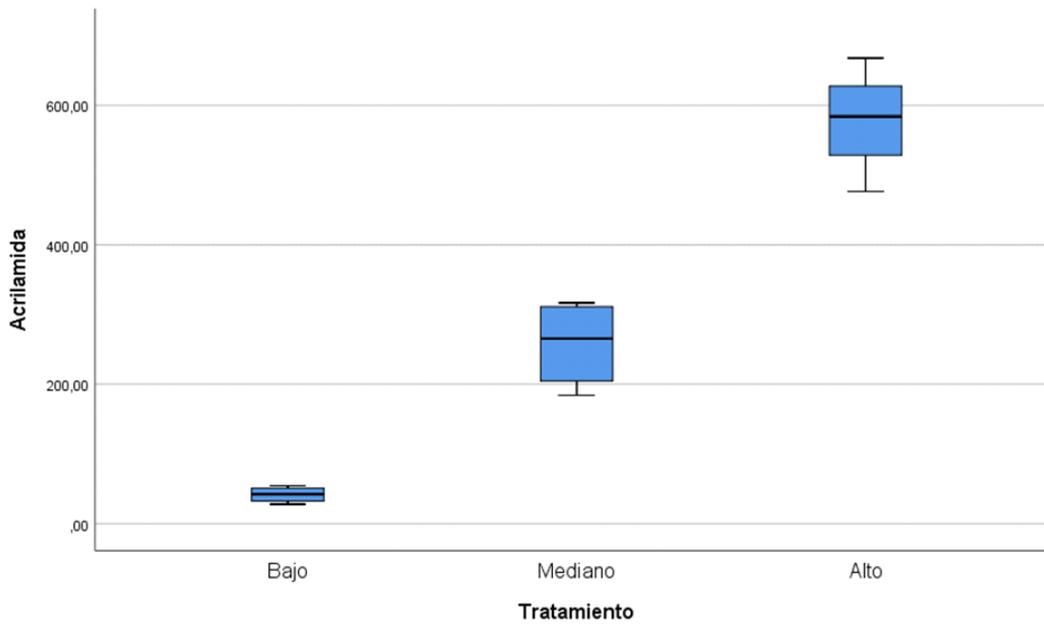


Figura 3.14.- Contenido de acrilamida en plátano verde tipo patacón según intensidad de tratamiento

Para ambos tipos de plátanos inmaduros se encontraron diferencias estadísticamente significativas ($p < 0.05$) para todos los tratamientos excepto entre mediano y alto para plátano en monedas (tabla 3.26), lo que se corresponde con el nivel semejante de humedad obtenido en ambas intensidades. Existió correlación estadísticamente significativa ($p < 0.05$) de acrilamida con el tiempo de tratamiento para ambas muestras, siendo menor en el caso del plátano en monedas (figuras 3.15 y 3.16).

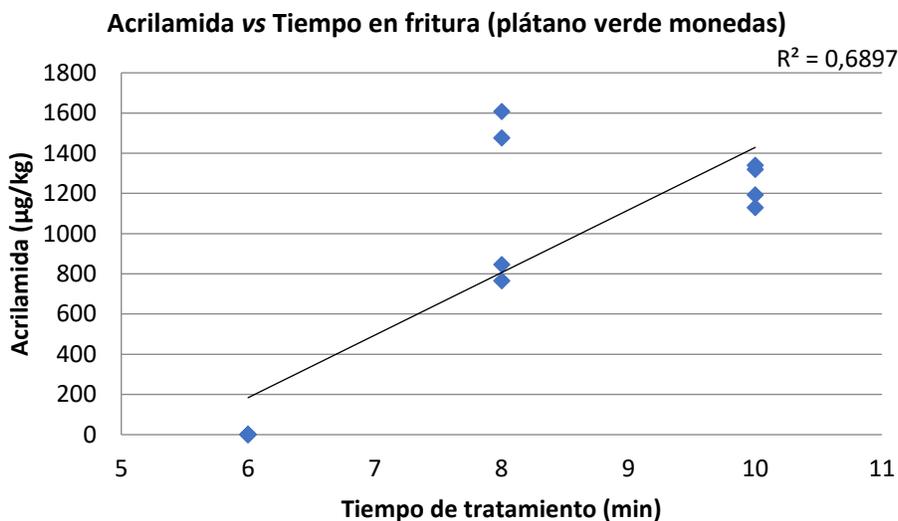


Figura 3.15. Correlación entre acrilamida y tiempo de fritura en plátanos verdes tipo monedas

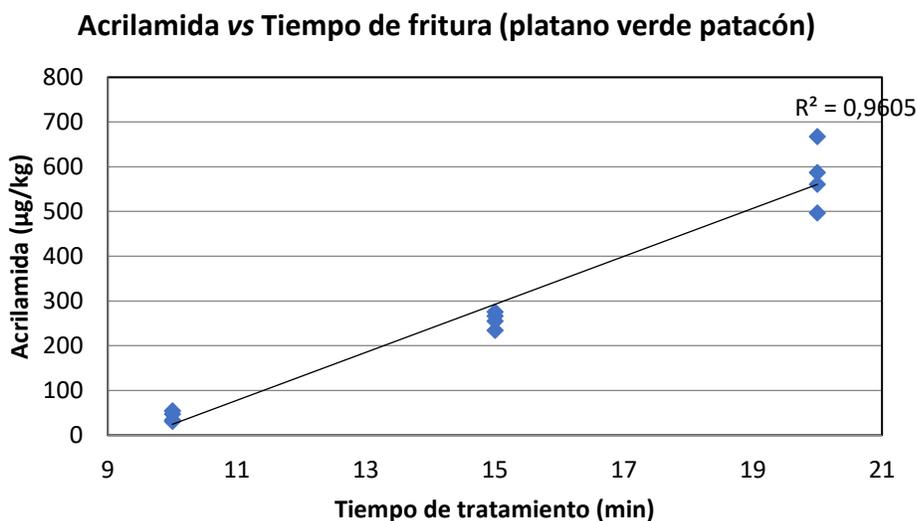


Figura 3.16. Correlación entre acrilamida y tiempo de fritura en plátanos verdes tipo patacones

El contenido de acrilamida en plátanos cortados en forma de monedas fue superior al obtenido en los patacones (tabla 3.10); esto se explica teniendo en cuenta que la acrilamida se produce principalmente en la superficie del alimento, ya que cuanto mayor es la relación superficie/volumen, mayor es la temperatura en el centro del alimento, por lo que mayor es la pérdida de humedad y por ende mayor la formación de acrilamida (AECOSAN, 2018). El patacón es un alimento de mayor tamaño y menos fino, por lo tanto, el espesor del producto juega un papel en el desarrollo del gradiente de humedad y del contenido de acrilamida. En este caso las monedas son similares a las patatas chips (producto fino), por lo que todo el producto puede ser considerado como corteza. Como es lógico el contenido de humedad fue menor en el plátano verde tipo monedas y la pérdida de peso durante el cocinado fue mayor (tabla 3.7). Bassama *et al.*(2011) encuentran un efecto sinérgico durante la fritura de plátanos con el aumento de temperatura y la disminución de la actividad de agua.

La tabla 3.27 muestra las relaciones obtenidas para plátanos fritos inmaduros de la variedad “hartón” entre acrilamida y la intensidad de tratamiento térmico (humedad y pérdida de peso), acrilamida y reacción de Maillard (A284 y A420) y acrilamida y precursores (aminoácidos totales y azúcares reductores). Todas ellas fueron estadísticamente significativas y lógicas, a mayor contenido de acrilamida mayor intensidad de tratamiento térmico, reacción de Maillard y menor de precursores, esta última relación menos consistente al ser inespecífica la medida de los precursores de la acrilamida.

La fritura de plátanos maduros de la variedad “hartón” no produjo cantidades detectables de acrilamida excepto en el mayor grado de intensidad, aunque en cantidades muy pequeñas $< 6 \mu\text{g}/\text{kg}$. El contenido inicial de asparagina es ligeramente inferior al de los plátanos inmaduros, no así el contenido de azúcares reductores que fue muy superior en los maduros (tabla 3.6). La diferencia en el contenido de acrilamida se debe a la menor intensidad de tratamiento térmico alcanzada; cuando se elaboran monedas la diferencia media de temperatura es de -9°C y los tiempos se reducen en 3 minutos, para los patacones la diferencia de temperatura es de -7°C y el tiempo se reduce en 4 minutos. Como indica Fiselier *et al.*(2005) para las patatas fritas tipo francés, el punto crítico del proceso no es solo la temperatura inicial del aceite sino la temperatura real del mismo y el de la superficie del alimento durante el proceso de fritura. El mayor contenido de azúcares reductores en los plátanos maduros favorece el avance de la reacción de Maillard en su vía clásica lo que hace que el tiempo para conseguir un producto de dorado similar sea inferior. La media de los valores de absorbancia a 284 nm obtenidos en los plátanos fritos fue de 1,34 veces menor en los inmaduros y el color, medido como absorbancia a 420 nm fue de 2,14 veces menor en los plátanos inmaduros versus maduros, aunque los valores de humedad y la pérdida de peso fueron inferiores y superiores, respectivamente, en los plátanos inmaduros.

Cuando se aumentan al doble los tiempos de fritura como sucede en el procesado de plátanos maduros variedad “plantain” en forma monedas se generan valores de acrilamida de hasta $45 \mu\text{g}/\text{kg}$. En el caso de elaborarlos en forma de patacones, solo se incrementó la temperatura final media del proceso en 20°C manteniendo el tiempo casi igual, y en estas circunstancias se generó un valor de aproximadamente $250 \mu\text{g}/\text{kg}$ en el tratamiento más intenso. La humedad de las muestras tipo moneda variedad “plantain” fue ligeramente superior a la que se obtuvo en la misma forma de cocinar, pero para la variedad madura “hartón” y la pérdida de peso fue menor, esto nos indica que los precursores de ambas variedades pueden influir de forma diferente.

Durante la fritura, se produjo avance de la reacción de Maillard, medido como absorbancia a 284 y 420 nm (tabla 3.15), tanto en las variedades colombianas de hartón inmaduras (figura 3.17) como en la madura elaborada en forma de monedas, sin embargo, en la madura en forma de patacones este avance no fue estadísticamente significativo entre tratamientos, aunque si lo fue en la pérdida de aminoácidos libres totales que se corresponde con la generación de acrilamida en el último grado de dorado (tabla 3.26).

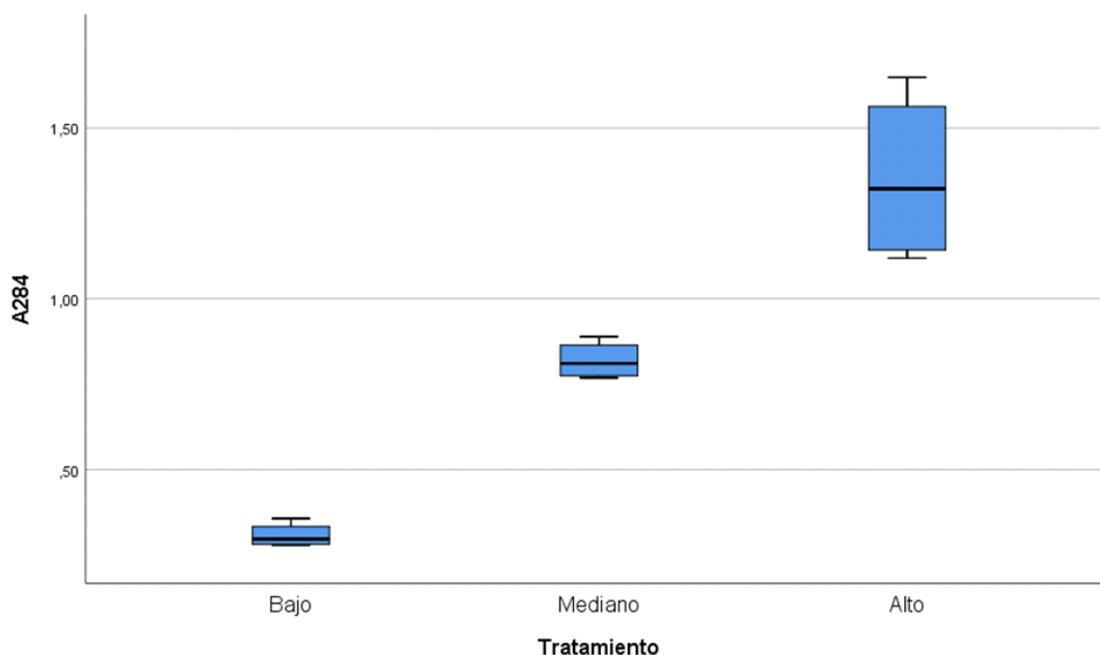


Figura 3.17.- Absorbancia a 284 nm en plátano inmaduro tipo monedas según intensidad de tratamiento

La relación entre humedad y absorbancia (tablas 3.30 a 3.33) oscilo entre $r=-0,526$ para la A284 de patacones maduros y $r= -0,884$ para la A284 del plátano monedas maduro. Si consideramos la humedad como intensidad de tratamiento térmico, la A284 mide generalmente mejor la extensión de la reacción de Maillard que han sufrido los plátanos durante su fritura.

Tabla 3.30.- Correlaciones de diferentes análisis en plátanos inmaduros monedas fritos a diferente tiempo.

	Acrilamida	A284	A420	Aminoácidos totales	Azu Red.	% pérdida de peso
Humedad	-0,861**	-0,783**	-0,671*	0,804**	0,643*	-0,820**
Acrilamida		0,762**	0,648*	-0,790**	-0,733**	0,806**
A284			0,958**	-0,965**	-0,888**	0,975**
A420				-0,909**	-0,888**	0,919**
Aminoácidos totales					0,923**	-0,989**
Azúcares reductores						-0,933**

*p<0,05 **p<0,01

Tabla 3.31.- Correlaciones de diferentes análisis en plátanos inmaduros patacones a diferente tiempo

	Acrilamida	A284	A420	Aminoácidos totales	Azu Red.	% pérdida de peso
Humedad	-0,853**	-0,853**	-0,650*	0,692*	0,804**	-0,876**
Acrilamida		0,930**	0,734**	-0,608*	-0,846**	0,891**
A284			0,762**	-0,566	-0,832**	0,891**
A420				-0,748**	-0,916**	0,763**
Aminoácidos totales					0,874**	-0,537
Azúcares reductores						-0,820**

*p<0,05 **p<0,01

Tabla 3.32.- Correlaciones de diferentes análisis en plátanos monedas maduros a diferente tiempo

	Acrilamida	A284	A420	Aminoácidos totales	% pérdida de peso
Humedad	-	-0,884**	-0,53	0,720*	-0,52
Acrilamida		-	-	-	-
A284			0,648*	-0,685*	0,615
A420				-0,745**	0,985**
Aminoácidos totales					-0,739*

*p<0,05 **p<0,01

Tabla 3.33.- Correlaciones de diferentes análisis en plátanos patacones maduros a diferente tiempo

	Acrilamida	A284	A420	Aminoácidos totales	% pérdida de peso
Humedad	-0,772**	-0,526	-0,628*	0,905**	-0,879**
Acrilamida		0,433	0,316	-0,766**	0,841**
A284			0,294	-0,420	0,311*
A420				-0,650**	0,523
Aminoácidos totales					-0,876**

*p<0,05 **p<0,01

El contenido de humedad se correlaciona de forma coherente y estadísticamente significativa con todos los parámetros analizados (tablas 3.30 a 3.33).

El contenido de azúcares reductores de los plátanos fritos inmaduros descendió conforme avanza la intensidad de tratamiento térmico por lo que puede utilizarse como medida indirecta del contenido de glucosa/fructosa (figura 3.18).

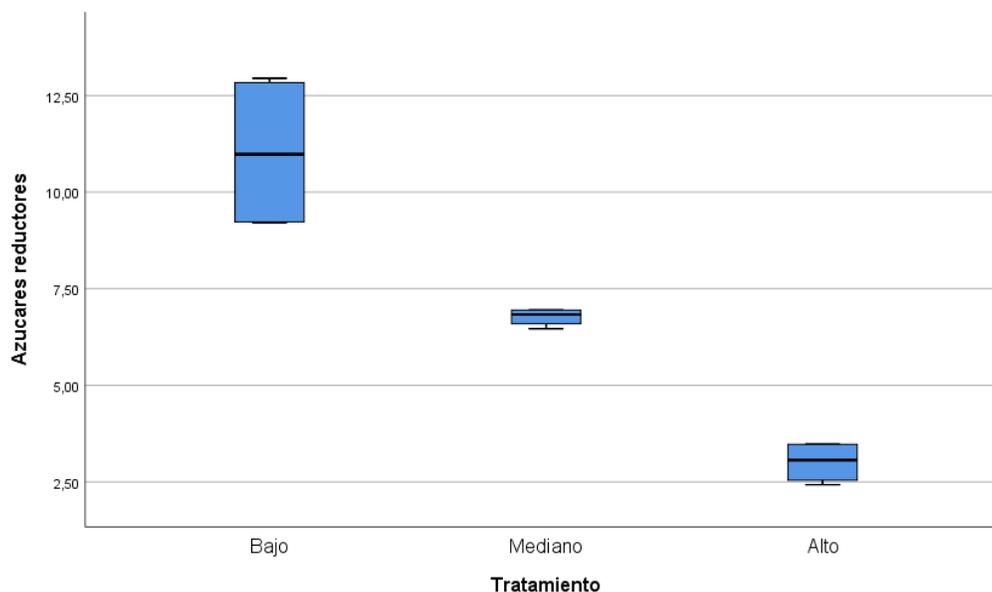


Figura 3.18.- Contenido de azúcares reductores (%) en plátanos inmaduros monedas según intensidad de tratamiento

El contenido de asparagina fue inferior en los plátanos con respecto al de las patatas (tabla 3.6), también el contenido de aminoácidos totales durante la fritura de los plátanos fue inferior al de las patatas (tablas 3.9 y 3.10), llegando a veces hasta ser de un orden de 10. La pérdida de aminoácidos totales libres fue coherente, aunque en algunos casos no llegó a ser significativa (tabla 3.26).

Los valores de acrilamida encontrados en la bibliografía muestran también una alta variabilidad, Daniali *et al.* (2010) encuentran valores medios de 111 µg/kg (29-244 µg/kg) y de 268 µg/kg (160-500 µg/kg) para plátanos y plátanos dulces respectivamente fritos en Malasia; Bassama *et al.* (2011) reportan valores de acrilamida de hasta 900 µg/kg en la fritura de plátanos inmaduros procedentes de Colombia, entre 100 y 430 µg/kg encontraron Bent *et al.* (2012) en bananas chips inmaduras caribeñas y Pacetti *et al.* (2015) encuentran valores medios de 1330 µg/kg y mediana de 821 µg/kg en fritura de plátanos maduros colombianos. Por último y también en plátanos colombianos, Barón *et al.* (2021) reportan valores medios de 26,6 µg/kg para plátanos fritos maduros y de 130 µg/kg para no madurados, los primeros elaborados en forma de monedas y los segundos de patacones, para los que aplica mayor temperatura.

El efecto del estado de madurez de los plátanos sobre la formación de acrilamida durante su fritura también ha sido estudiado; Daniali *et al.* (2013) fríen a 170°C durante 10 minutos masas de plátanos de dos variedades, encontrando valores entre 67 µg/kg para la variedad Awak en estado de madurez 1 (verde) hasta 808 µg/kg para la variedad Abu en el estado de madurez 4, conforme avanzó la madurez se incrementó el contenido de azúcares reductores, no modificándose estadísticamente el de asparagina. Mulla *et al.* (2017) en snacks de plátano de la variedad “Nendran” encontró incrementos de acrilamida conforme avanza la temperatura y tiempo de fritura alcanzando valores de hasta 701 µg/kg en plátanos maduros y 560 µg/kg en los no maduros, ambas experiencias realizadas a 190°C durante 6 minutos y Shamlá & Nisha (2017), también en plátanos de la variedad “Nendran” con diferentes estados de madurez y por tanto diferente concentración de azúcares reductores, próximo al 10% para los no maduros y al 31% los maduros, encontraron valores de acrilamida desde 49,8 µg/kg en el estado de madurez 1 (inmaduro) y de 2062 µg/kg en el estado 5 de madurez (plátano amarillo) cuando se fríen en forma de monedas a la misma temperatura y tiempo encontrado una relación superior a 0,94 con el contenido de azúcares reductores y no obteniéndola con al asparagina. Sin embargo, Bassama *et al.* (2012) madurando artificialmente una masa de plátano con etileno reducen el contenido de asparagina y limitan la cantidad de acrilamida obtenida en la fritura.

III.3.3.3.2. Estudio en plátanos horneados

En el horneado de los plátanos maduros elaboradas en trozos no se detectó acrilamida en ningún nivel de intensidad sin embargo si se produjo reacción de Maillard, como se observa por el incremento de la absorbancia a 284 y 420 nm (tabla 3.15) y la pérdida de aminoácidos totales libres (tabla 3.10) que fue estadísticamente significativa en los niveles medio y alto (tabla 3.26). Las relaciones entre la intensidad de tratamiento térmico (medido como humedad y pérdida de peso) y la extensión de la reacción de Maillard fue alta y significativa como se observa en la tabla 3.34.

Tabla 3.34.- Correlaciones de diferentes análisis en plátanos maduros horneados a diferente tiempo

	Acrilamida	A284	A420	Aminoácidos totales	% pérdida de peso
Humedad	-	-0,933**	-0,947**	0,876**	-0,943**
Acrilamida		-	-	-	-
A284			0,972**	-0,972**	0,876**
A420				-0,937**	0,891**
Aminoácidos totales					-0,820**

*p<0,05 **p<0,01

Como era de esperar la intensidad de la reacción de Maillard (A284 y 420nm) es mayor en la fritura de moneda de plátanos maduros que durante su horneado (tabla 3.15), pero en ninguno de los dos tratamientos se produjo acrilamida.

Si tenemos en cuenta el valor máximo de acrilamida permitido por la Unión Europea en patatas fritas (500 µg/kg) (Comisión Europea, 2017), se podrían consumir las preparaciones realizadas con plátanos maduros tanto fritos como horneados y de los plátanos inmaduros solo los plátanos en monedas de intensidad baja y el patacón en las intensidades baja y media. En total exceden el valor máximo 12 de las 62 muestras analizadas (19%) y un 50% si se consideras solo las elaboradas con plátanos inmaduros. Valores por encima de 500 µg/kg se producen a niveles de humedad de producto inferior al 20% y en el caso de plátanos inmaduros a valores de absorbancia a 284 nm superiores a 0,8.

III.3.3.4. Estudio en yuca

Se analizó la variedad “Llanera”. Las raíces decorticadas se frieron en forma de bastones a 180°C entre 10 y 20 minutos. También se analizó pan de yuca que se elaboró horneando a 220°C entre 20 y 30 minutos una masa obtenida con almidón de yuca, leche y queso. Acrilamida fue determinada en ambos tipos de muestra.

III.3.3.4.1. Estudio en yuca frita

Los valores medios de acrilamida obtenidos oscilaron entre 10,3 a 47,9 µg/kg, para niveles de fritura de intensidad baja y alta respectivamente (tabla 3.11, figura 3.19), existiendo diferencias estadísticamente significativas entre las tres intensidades de tratamiento térmico (tabla 3.26) y existiendo una correlación significativa de $r=0,946$ ($p<0,01$) con respecto al tiempo de tratamiento.

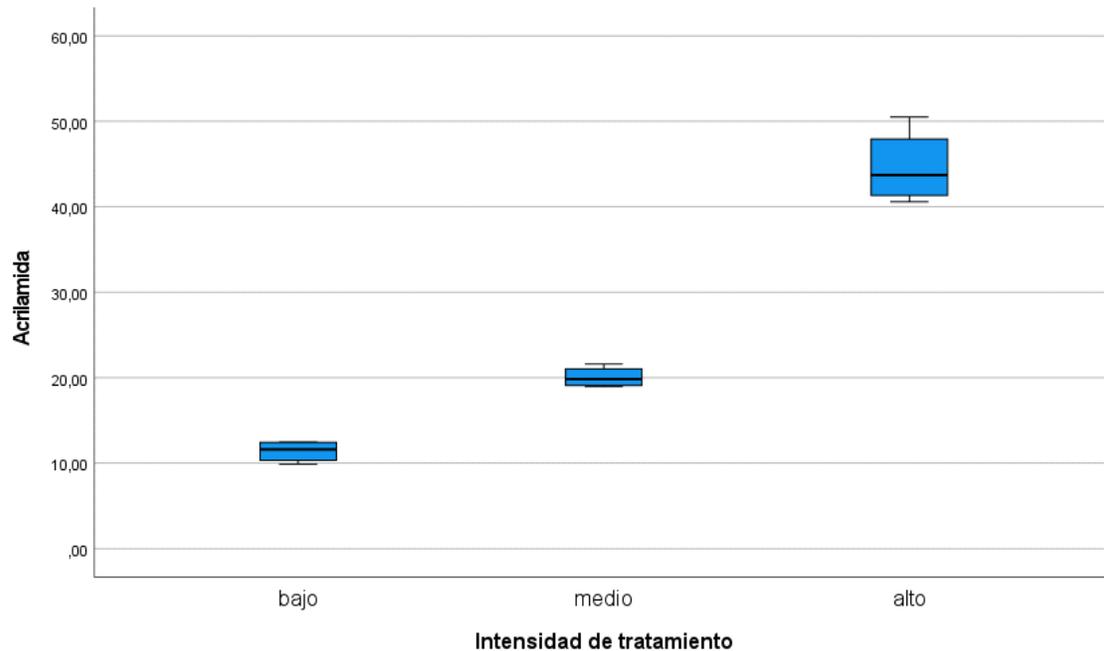


Figura 3.19.- Contenido de acrilamida en yuca frita según intensidad de tratamiento

El contenido de acrilamida en este alimento fue inferior al obtenido en patatas fritas de la especie *S. tuberosum* y plátanos fritos inmaduros, también lo fue el contenido de asparagina para ambos alimentos y de azúcares reductores para las patatas (tabla 3.6). Como durante la fritura de patatas existen tratamientos de temperatura y tiempo similares, es el contenido de precursores o la matriz del alimento lo que limita la generación de acrilamida durante la fritura de la yuca.

La tabla 3.35 muestra las relaciones obtenidas para yuca frita a tres niveles de intensidad entre acrilamida e intensidad de tratamiento térmico (humedad y pérdida de peso), acrilamida y reacción de Maillard (A284 y A420) y acrilamida y precursores determinados por métodos inespecíficos. Todas ellas fueron lógicas excepto los valores de absorbancia a 420 nm y el contenido de azúcares reductores medido de forma inespecífica.

Tabla 3.35.- Correlaciones de diferentes análisis en yuca frita a diferente tiempo

	Acrilamida	A284	A420	Aminoácidos totales	Azu Red.	% Pérdida de peso
Humedad	-0,972**	-0,888*	0,315	0,671*	-0,664*	-0,848**
Acrilamida		0,916**	-0,238	-0,727**	0,706*	0,820**
A284			0,021	-0,657*	0,594*	0,876**
A420				0,182	-0,587*	0,071
Aminoácidos totales					-0,531	-0,707*
Azúcares reductores						0,424

* p<0,05 **p<0,01

Existió una alta correlación e inversa entre acrilamida y humedad y acrilamida y el porcentaje de pérdida de peso (tabla 3.35). A menor humedad y mayor pérdida de peso mayor intensidad de tratamiento térmico y mayor el nivel de acrilamida. Sin embargo, aunque el nivel de humedad del producto baje hasta el 13,5% el contenido de acrilamida no excede el valor de 50µg/kg.

Los valores de absorbancia a 284 nm y 420 nm (tabla 3.16), que muestran el avance de la reacción de Maillard, no siguen un comportamiento homogéneo; se incrementaron conforme avanza la intensidad de tratamiento térmico para la A284 siendo las diferencias entre intensidades estadísticamente significativas (p<0,05) para los tratamientos a intensidad alta frente a baja/media (tabla 3.26). La A420 no se modificó con la intensidad de los tratamientos de forma estadísticamente significativa. Los valores de A420 obtenidos en la yuca fueron mucho más elevados que los obtenidos para plátano y patata, teniendo en cuenta que de forma visual (anexo 3.1) si se aprecia diferencia de color debe existir algún compuesto en la yuca que absorba a 420 nm o próximo que distorsiona la medida y su utilidad como indicador de intensidad de tratamiento térmico. La relación entre acrilamida y absorbancia a 284 nm fue estadísticamente significativa (p<0,05) y no se obtuvo relación entre acrilamida y A420.

El comportamiento de los precursores (aminoácidos y azúcares reductores) medido de forma inespecífica sólo fue coherente para los aminoácidos libres totales. Como sucede en el caso de las patatas, el método inespecífico utilizado en la medida de azúcares reductores no sirve para predecir el comportamiento de la yuca en la generación de acrilamida ante un determinado tratamiento térmico.

Existen muy pocos datos en la literatura del contenido de acrilamida en yuca frita, Pacetti *et al.*, (2015) analizaron 10 muestras obteniendo valores desde inferiores al límite de cuantificación (4 muestras) hasta valores de 3755 µg/kg (1 muestra), con un valor medio de 952 µg/kg y mediana de 219 µg/kg. El informe INVIMA (2018) recoge las yuquitas en el apartado de otros junto con platanitos, rosquitas, etc dando valores entre 3,3 y 736 µg/kg no especificando a que alimento pertenece cada valor y Barón *et al.* (2021) reporta un valor de 8,9 µg/kg en pasteles de yuca frita

rellenos de queso. En ninguno de los trabajos se especifica la temperatura y tiempo de fritura, ni el contenido en precursores.

III.3.3.4.2. Estudio en pan de yuca

Los valores medios de acrilamida oscilaron 11,6 a 20,5 $\mu\text{g}/\text{kg}$ (tabla 3.11), para niveles de horneado baja y alta respectivamente, existiendo diferencias estadísticamente significativas entre las intensidades baja y media con la alta (tabla 3.26) y una correlación significativa de $r= 0,956$ ($p<0,01$) con respecto al tiempo de tratamiento. Estos valores solo se correlacionaron estadísticamente con la humedad (tabla 3.27) que nos indica de forma indirecta la intensidad de tratamiento térmico, pero no con los valores de absorbancia a 284 nm como si ocurría en la yuca frita. El comportamiento de los precursores durante el horneado fue semejante al de la yuca frita.

Los valores de acrilamida fueron inferiores a los determinados en la fritura de yuca. El contenido de azúcares reductores en el almidón de yuca fue superior a los de la yuca, sin embargo, no se detectó asparagina, por tanto, este aminoácido debe proceder de los otros ingredientes utilizados en la elaboración del alimento (leche y queso).

III.3.3.5. Estudio en Arepa de maíz

Se analizaron arepas elaboradas con harinas de maíz blanca y amarilla sometidas a procesos de fritura y horneado. La fritura para la arepa de maíz blanca se realizó a 180°C de 8 a 15 minutos y la de maíz amarillo a la misma temperatura, pero de 10 a 20 minutos según intensidad de tratamiento deseada. Muestras similares fueron sometidas a un proceso de asado en plancha a temperatura entre $170\text{-}180^{\circ}\text{C}$ de 12 a 20 minutos según intensidad de tratamiento térmico deseada, en este caso las condiciones fueron similares para ambas harinas. Además, y utilizando los granos tiernos de mazorca de maíz de Colombia se elaboraron arepas asadas de choclo mezclando los granos licuados del maíz, con panela y mantequilla y posterior asado en plancha a temperaturas entre $170\text{-}180$ de 8 a 12 minutos según grado de dorado deseado.

Los valores medios de acrilamida oscilaron entre 3,11 $\mu\text{g}/\text{kg}$ en fritura de arepa blanca y 199 $\mu\text{g}/\text{kg}$ para la arepa de choclo asada (tabla 3.12). Todas las muestras presentaban niveles detectables de acrilamida en alguna de las intensidades de tratamiento analizadas.

III.3.3.5.1. Estudio en Arepa de maíz frita

El contenido de acrilamida se correlacionó con el tiempo de fritura de forma estadísticamente significativa, $r=0,603$ ($p<0,05$). La diferencia entre intensidades de tratamiento fue estadísticamente significativa para ambas arepas en todas las etapas de tratamiento, excepto para la intensidad baja y media en arepa de maíz blanca (tabla 3.26) (figura 3.20). Las correlaciones obtenidas entre acrilamida y pérdida de humedad y de peso durante el tratamiento térmico fueron estadísticamente significativas ($p<0,01$) y superiores a $r=0,678$ para ambas arepas (amarilla y blanca).

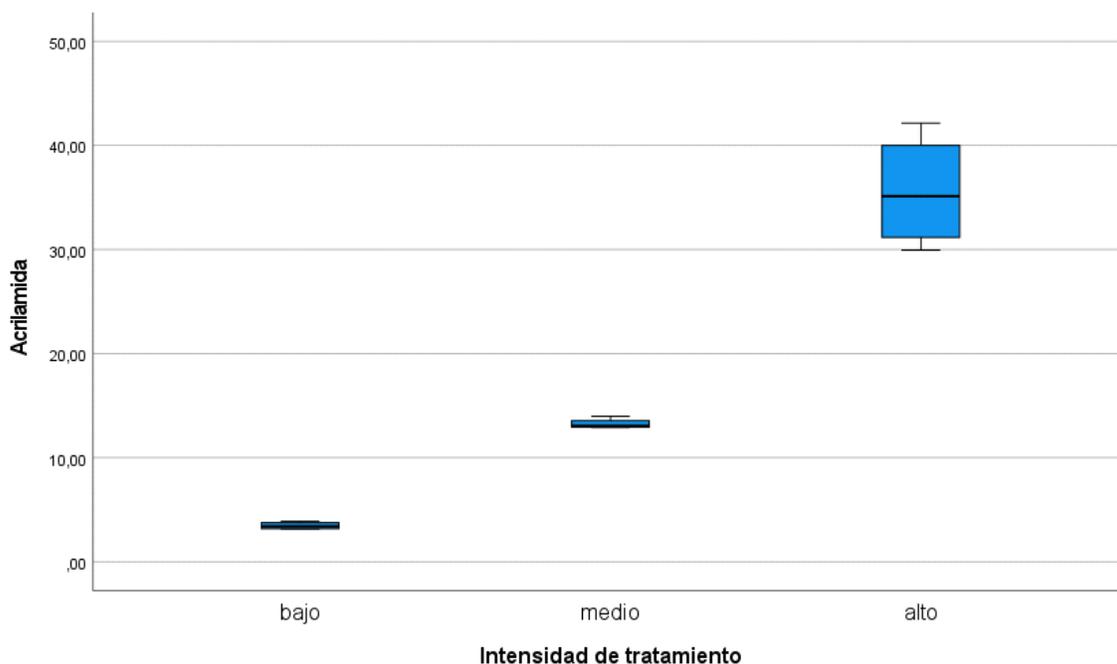


Figura 3.20.- Contenido de acrilamida en arepa de maíz amarillo frito según intensidad de tratamiento

El contenido de asparagina (tabla 3.6) fue de 0,0572g/100g en harina de maíz blanca, ligeramente inferior a la de los plátanos y ligeramente superior al de la yuca. El contenido de azúcares reductores fue de 0,540 g/100g en la misma harina blanca, superior al de las patatas excepto para la de las variedades criollas.

El contenido de acrilamida en arepa de maíz amarilla frita con la mayor intensidad de tratamiento térmico fue mayor que la que se obtuvo a la misma intensidad en la fritura de la arepa de maíz blanco. La temperatura media final de fritura en la arepa amarilla fue 3°C superior y aunque el tiempo 5 minutos inferior se consigue una menor humedad y mayor pérdida de peso en la arepa amarilla vs arepa blanca.

La intensidad de la reacción de Maillard, medida como absorbancia a 284 y 420 nm, solo se observó para la arepa de maíz amarillo y para A284 nm lo que se explica por la mayor pérdida de humedad y de peso obtenida en el tratamiento de la arepa amarilla frita vs arepa blanca frita, los valores diferentes producidas durante la fritura de la arepa amarilla fueron estadísticamente significativas entre los tratamientos bajo y alto y medio y alto (tabla 3.26) y la correlación obtenida entre acrilamida y A284 nm fue estadísticamente significativa ($p < 0,01$) y $\geq 0,902$ solo para la arepa de maíz amarilla frita. Las correlaciones obtenidas entre absorbancia a 284 nm y pérdida de humedad y de peso fueron también muy altas ($r \geq 0,905$) y significativas para la arepa de maíz amarillo frita.

En lo referente a los precursores el contenido de aminoácidos libres totales fue menor al límite de detección del método volumétrico indirecto y no se obtuvo pérdida significativa de azúcares reductores durante la fritura de ambas arepas.

III.3.3.5.2. Estudio en Arepa de maíz asada

El contenido de acrilamida en las muestras de maíz amarillo y blanco horneadas osciló entre 2,71 $\mu\text{g}/\text{kg}$ y 95,3 $\mu\text{g}/\text{kg}$ respectivamente y sólo fue detectado en el tercer nivel de intensidad (tabla 3.12). El valor tan elevado obtenido en un duplicado de tratamiento en el mayor nivel de intensidad y para la arepa de maíz blanca horneado se corresponde con una disminución muy notable de la humedad, lo que indica que la intensidad de tratamiento fue mucho más alta. La correlación entre acrilamida y humedad y acrilamida y pérdida de peso fue $\geq r=0,774$ y estadísticamente significativa ($p<0,01$)(tabla 3.27).

Los tratamientos culinarios para ambas arepas horneadas, amarillas y blancas fueron similares y produjeron unos niveles de humedad y de acrilamida en el producto final semejantes, excepto la ya comentada en el duplicado de tratamiento a la mayor intensidad para la arepa de maíz blanco.

Durante el horneado de ambas arepas no se produjo de forma estadísticamente significativa un incremento de la absorbancia a 284 nm y a 420 nm (tabla 3.17) ni disminución de azúcares reductores (tabla 3.12). Los aminoácidos medidos de forma indirecta durante el procesado solo fueron determinados en un duplicado del primer grado de intensidad de tratamiento (tabla 3.12).

Si comparamos las muestras fritas y horneadas podemos deducir que es necesario tener una humedad en el producto del 40% o inferior para que se produzcan cantidades detectables de acrilamida.

La arepa de maíz choclo fue otro de los productos asados de maíz analizados. El contenido medio de acrilamida durante el asado de granos licuados de maíz con panela y mantequilla osciló entre 87 $\mu\text{g}/\text{kg}$ para el tratamiento medio (180°C/10 min) y 199 $\mu\text{g}/\text{kg}$ para la intensidad de tratamiento más alto (180°C/12 min) (tabla 3.12), las diferencias solo fueron estadísticamente diferentes (tabla 3.26) entre el tratamiento bajo y alto y medio y alto. No existió correlación estadísticamente significativa entre el contenido de acrilamida y el tiempo de tratamiento, tampoco se obtuvo entre acrilamida y pérdida de humedad y de peso durante el tratamiento térmico; la adición de panela durante su elaboración, alimento que ya posee acrilamida, justifica estos resultados.

El contenido de asparagina en el maíz choclo fue de 0,0764g/100g ligeramente superior al que se obtuvo en harina de maíz blanca (tabla 3.6). El contenido de azúcares reductores en este mismo maíz fue muy pequeño de 0,057g/100g, sin embargo el alto contenido de azúcares reductores en la panela (mínimo del 5,5%)(Ministerio de protección social, 2006)) posibilita que se pueda producir acrilamida independientemente de la que proporciona la panela.

La intensidad de la reacción de Maillard, medida como absorbancia a 284 y 420 nm (tabla 3.17), fue estadísticamente diferente entre los tres tratamientos solo para la absorbancia a 420 nm (tabla 3.26), posiblemente por efecto de la panela, rica en azúcares reductores.

En lo referente a los precursores (tabla 3.12), el contenido de aminoácidos libres totales descendió entre tratamientos siendo estadísticamente significativos ($p<0,01$) entre baja y alta y media y alta intensidad (tabla 3.26) y se correlacionó estadísticamente con la pérdida de peso y de humedad con

un valor de $r \geq 0,608$. ($p < 0,05$). El comportamiento de los azúcares reductores durante la fritura fue irregular, probablemente por el aporte que pudiera hacer la panela a su contenido total.

Como en el caso de la yuca, no existen muchos datos bibliográficos del contenido de acrilamida en las arepas y los estudios se centran en el análisis de alimentos colombianos. Pacetti *et al.* (2015) no encontró valores detectables en arepa ni en productos similares como empanadas y buñuelos y valores entre 7,1 y 32,6 $\mu\text{g}/\text{kg}$ fueron encontrados por Barón *et al.* (2021) en arepas rellenas de huevo y vegetales respectivamente. En productos fritos elaborados a base de maíz, aunque con un procesado totalmente diferente, como son las tortillas mejicanas, Delgado *et al.* (2016), también encontraron mayores niveles de acrilamida en maíz amarillo frente al blanco.

III.3.3.6. Estudio en muestras de harina de trigo

Con harina de trigo de fuerza media se analizaron dos productos: **arepuelas de trigo**, masas redondas y planas de aproximadamente 3 cm de diámetro, elaboradas con la citada harina, leche y azúcar y sometidas a fritura a 180°C de 6 a 10 minutos según grado de dorado deseado y **churros**, elaborados a partir de una masa de harina, agua y azúcar y frita a 180°C durante 5 y 8 minutos.

III.3.3.6.1. Arepuelas de trigo

Los valores medios de acrilamida obtenidos oscilaron entre 11,4 y 86,4 $\mu\text{g}/\text{kg}$, para niveles de fritura de intensidad baja y alta respectivamente (tabla 3.13, figura 3.21), existiendo diferencias estadísticamente significativas entre las tres intensidades de tratamiento térmico (tabla 3.26) y una correlación significativa de $r = 0,946$ ($p < 0,01$) con respecto al tiempo de tratamiento. Las correlaciones obtenidas entre acrilamida y pérdida de humedad y de peso durante el tratamiento térmico fueron estadísticamente significativas con un r igual o superior a 0,876 (tabla 3.27).

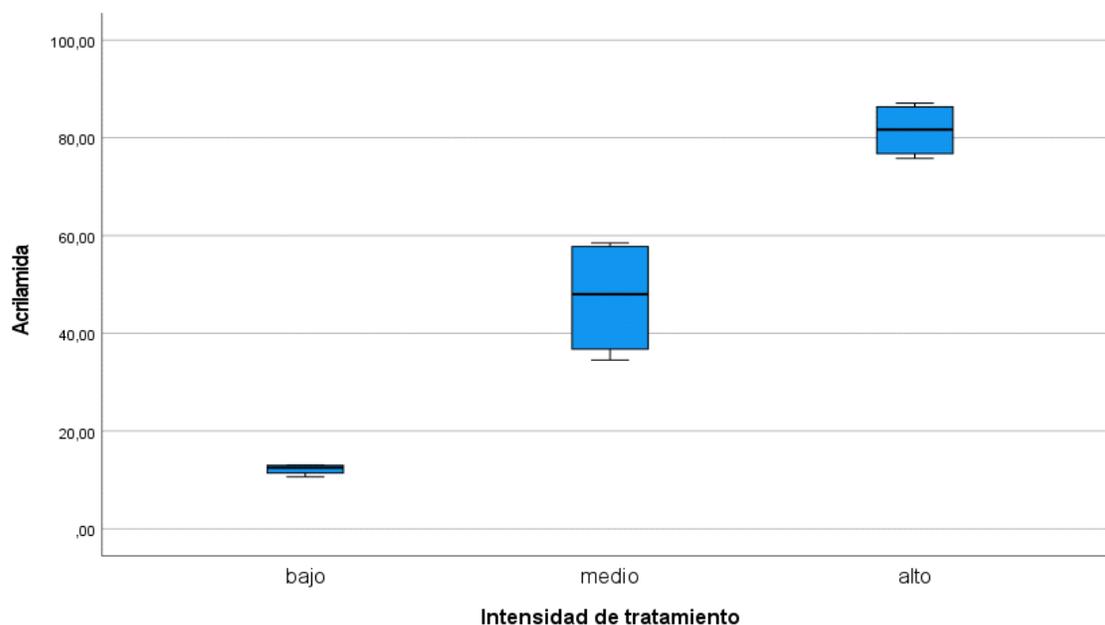


Figura 3.21.- Contenido de acrilamida en arepuela de trigo frita según intensidad de tratamiento

El contenido de asparagina y de azúcares reductores de la harina de trigo fue inferior al que presentaba la harina de maíz (tabla 3.6) sin embargo los valores de acrilamida encontrados fueron superiores a los determinados en arepas de maíz amarillo que presentaron un valor semejante de humedad a la mayor intensidad de tratamiento térmico y que se frieron durante más tiempo, la estructura del producto elaborado, el menor tamaño o la adición de leche y azúcar en las arepuelas de trigo pueden ser los responsables del mayor contenido de acrilamida. Bent *et al.* (2012) encontraron incrementos, casi cercanos al doble, en los niveles de acrilamida en masas de trigo fritas cuando el producto llevaba también azúcar.

La tabla 3.36 muestra las relaciones obtenidas para arepuelas de trigo a tres niveles de intensidad entre acrilamida e intensidad de tratamiento térmico (humedad y pérdida de peso), acrilamida y reacción de Maillard (A284 y A420) y acrilamida y precursores (determinados por métodos inespecíficos). Todas ellas fueron lógicas y estadísticamente significativas.

Tabla 3.36.- Correlaciones de diferentes análisis en arepuelas de trigo frita a diferente tiempo

	Acrilamida	A284	A420	Aminoácidos totales	Azu Red.	% Pérdida de peso
Humedad	-0,944**	-0,720**	-0,832**	0,832**	0,888**	-0,919**
Acrilamida		0,846**	0,909**	-0,923**	-0,930**	0,876**
A284			0,965**	-0,797**	-0,776**	0,622*
A420				-0,867**	-0,818**	0,721**
Aminoácidos totales					0,867**	-0,763**
Azúcares reductores						-0,933**

* $p < 0,05$ ** $p < 0,01$

Los valores de absorbancia a 284 nm y 420 nm (tabla 3.18), que muestran el avance de la reacción de Maillard, se incrementaron conforme avanza la intensidad de tratamiento térmico siendo las diferencias entre intensidades estadísticamente significativas ($p < 0,05$) para los tratamientos a intensidad alta frente a baja/media (tabla 3.26) a diferencia de lo que ocurre en la fritura de arepa de maíz blanca donde no existan estas diferencias; probablemente la adición de leche al producto que aporta azúcares reductores (lactosa) y lisina en proteínas favorezca que avance la reacción de Maillard conforme avanza la intensidad de tratamiento térmico, además la humedad del producto fue menor.

La relación entre acrilamida y absorbancia a 284 nm y 420 nm fue estadísticamente significativa ($p < 0,05$) e igual superior a 0,846 (tabla 3.36). Las correlaciones obtenidas entre absorbancias a 284 y 420 nm y pérdida de humedad y de peso fueron también muy altas ($r \geq 0,622$) y significativas (tabla 3.36).

El comportamiento de los precursores (aminoácidos y azúcares) medido de forma inespecífica fue coherente (tabla 3.13) y estadísticamente significativo para los tres niveles de intensidad en

azúcares reductores y entre baja y alta para aminoácidos libres totales (tabla 3.26). Las correlaciones con la reacción de Maillard (A284 y A420), acrilamida e intensidad de tratamiento térmico (humedad y pérdida de peso) fueron altas y significativas (tabla 3.36), como hemos comentado la adición de leche hace que la reacción de Maillard se intensifique y siga la ruta habitual.

No hemos encontrado datos bibliográficos del contenido de acrilamida en productos semejantes. En otro tipo de productos elaborados con masas de trigo fritas los valores reportados han sido mucho más altos de hasta 2440 $\mu\text{g}/\text{kg}$ (Bent *et al.*, 2012)

III.3.3.6.2. Churros fritos

La fritura de los churros se realizó sólo a dos niveles de intensidad. El comportamiento de los parámetros analizados fue semejante al obtenido en la fritura de las arepuelas de trigo excepto para los azúcares reductores, donde no se observó una pérdida de los mismos durante la fritura (tablas 3.13 y 3.18).

Los valores de acrilamida obtenidos fueron inferiores a los de las arepuelas de trigo (19,8 µg/kg vs 86,4 µg/kg) a intensidad de tratamiento más alta. La humedad del producto final fue semejante a este nivel de intensidad de tratamiento y la pérdida de peso fue mayor en churros. El mayor tamaño de los churros y la ausencia de leche en los mismos pudieran justificar esta diferencia. Valores promedio de 46 µg/kg fueron encontrados por Morales & Arribas-Lorenzo (2008) en 10 muestras de churros elaborados en establecimientos españoles, valores próximos a 60 µg/kg cuando elaboran churros a 180°C durante 7 minutos y de 90 µg/kg si la temperatura se eleva 20°C más.

El contenido de acrilamida se correlacionó de forma coherente con los indicadores de Maillard (A284 y A420), tratamiento térmico (humedad y pérdida de peso) y precursores (en este caso solo con los aminoácidos), aunque no fue estadísticamente significativo para A420 y porcentaje de pérdida de peso (tabla 3.27) debido al bajo número de muestras analizadas (solo dos intensidades de tratamiento).

III.3.3.7. Estudio en croquetas de arroz

Se frieron tres masas a 180°C de 10 a 15 minutos, según intensidad de tratamiento deseada, elaboradas con arroz cocido.

La acrilamida solo fue cuantificada al nivel de intensidad de tratamiento térmico más alto y con un nivel medio de 7,89 µg/kg (tabla 3.13, figura 3.22). Durante el tratamiento se produjo una pérdida de humedad y de peso estadísticamente significativa (tabla 3.26) pero no fue hasta que el contenido de humedad estuvo por debajo del 4% y la pérdida de peso superior al 40% (tabla 3.7) cuando se produce acrilamida en cantidades detectables. Se obtuvieron correlaciones estadísticamente significativa entre acrilamida y absorbancia a 284 y 420 nm, humedad y pérdida de peso superiores a $r = 0,765$ (tabla 3.27).

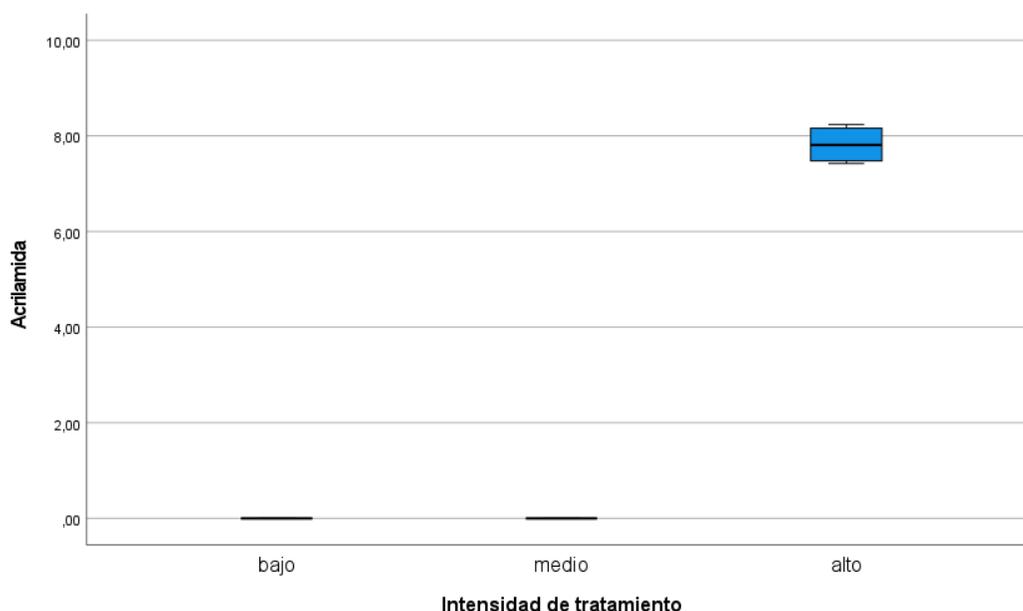


Figura 3.22.- Contenido de acrilamida en croquetas fritas según intensidad de tratamiento.

El contenido de asparagina de los granos de arroz fue superior al de maíz y trigo, no así el contenido en azúcares reductores que fue inferior con un valor de 0,0663% (tabla 3.6). La posible solubilización de la asparagina y azúcares reductores durante la cocción del arroz, limitaría la aparición de acrilamida, esto parece corroborarse por el bajo contenido de aminoácidos libres determinado en las croquetas de arroz fritas que fue inferior al límite de detección en las intensidades más altas de tratamiento (tabla 3.13).

Los valores de absorbancia a 284 nm y 420 nm (tabla 3.18), que muestran el avance de la reacción de Maillard, se incrementaron conforme avanza la intensidad de tratamiento térmico siendo las diferencias entre intensidades estadísticamente significativas ($p < 0,05$) entre todos ellos (tabla 3.26). Las correlaciones obtenidas entre absorbancias a 284 y 420 nm y pérdida de humedad y de peso fueron también muy altas ($r \geq 0,770$) y significativas ($p < 0,01$). Los valores de absorbancia a 420 nm fueron superiores a los obtenidos para la fritura de arepa de maíz blanco y arepuelas de trigo, lo que podría deberse a la mayor intensidad de tratamiento térmico sufrida (menor nivel de humedad) favorecida por el mayor porcentaje de lisina en el arroz con respecto al trigo y maíz.

No hemos encontrado referencias bibliográficas del contenido de acrilamida en croquetas de arroz. Chen *et al.* (2012) en snacks elaborados a base de arroz encontró contenidos más altos de acrilamida entre 39 y 433 $\mu\text{g}/\text{kg}$. En croquetas de trigo el contenido reportado en la bibliografía es muy variable desde una media de 36 $\mu\text{g}/\text{kg}$ en croquetas elaboradas en los comedores de los colegios (Mesías *et al.*, 2020) hasta valores medios de 298 $\mu\text{g}/\text{kg}$ en croquetas congeladas y listas para freír cuando se realiza esta fritura a 180°C durante 5 minutos (Michalak *et al.*, 2017). Cuando se comparan productos semejantes (galletas) pero elaborados con diferente harina, el contenido de los elaborados con arroz resulta inferior a los de trigo (Chen *et al.*, 2020).

Contenido máximo en muestras de cereales y legislación

Aunque no existe valor máximo de acrilamida reglamentado para los productos elaborados a partir de cereales (arepas de maíz fritas y horneadas, arepuelas de trigo, churros y croquetas de arroz), el contenido de los mismos no alcanzó el máximo permitido en otros productos de cereales como pan de molde (máximo de 100 µg/kg), cereales de desayuno (máximo de 300µg/kg) o galletas (máximo de 800 µg/kg). Si hubiese que indicar un máximo debería utilizarse el del pan de molde, al ser un alimento que puede llegar a consumirse en cantidad semejante a los analizados.

III.3.3.8. Estudio en productos comerciales

Se han analizado algunos productos envasados similares a los preparados de forma casera (moneditas de maduro, pan de arroz, achiras y galletas de leche) y otros de gran consumo (café, cacao y panela) (tabla 3.24). Los productos similares a los preparados culinarios presentaron valores bajos, pan de arroz (producto horneado), achira (horneado similar a la yuca) y moneditas de maduro (plátano fritos maduros chips) no alcanzaron los 5 µg/kg y solo en el caso de las galletas de leche se alcanzan los 50 µg/kg. Como era de prever el contenido de acrilamida en café molido y panela fue muy alto, pero dentro de los valores recogidos por la EFSA (2015) e INVIMA (2018) para el café y los recogidos por el INVIMA (2018), Gómez-Narváez *et al.*, (2019), Barón *et al.* (2021) y Henao *et al.* (2021) para panela. De forma similar a lo obtenido por nosotros, Gómez-Narváez *et al.* (2019) y Henao *et al.*, (2021) reportaron valores más elevados para la panela granulada (instantánea) vs la de bloque. Las muestras líquidas presentaron valores entre 13 µg/L para la bebida de chocolate y 51,2 µg/L para el agua de panela, con valores intermedios para la bebida preparada a partir del café sólido, valores también dentro de lo encontrado en bibliografía (EFSA, 2015; Barón *et al.*, 2021). Solo la muestra de café sólido sobrepasó el valor máximo permitido de 400 µg/kg por la legislación de la Unión Europea 2017/2018 (Comisión Europea, 2017)

III.3.3.9. Consumo de acrilamida y riesgo toxicológico

III.3.3.9.1.-Conjunto de la población

La tabla 3.37 recoge el consumo, en gramos promedio, de aquellos alimentos que pueden proporcionar acrilamida según la encuesta ENSIN (2015). La tabla 3.38 recoge los datos de arepuelas de trigo y pan de yuca, que no estaban recogidos al no estar entre los 40 alimentos de mayor consumo, y el desglose del consumo de los diferentes tipos de patatas (sabanera, pastusa), plátano (verde y maduro), arroz y yuca según tipo de procesado (frito, asado, horneado) y forma de consumo (patata francesa, tipo chips, plátano moneda, patacón, arroz frito, yuca frita). Ambos datos se han obtenido a partir de los datos de la base de consumo de la encuesta ENSIN 2015 (ICBF, 2020) que utilizó dos recordatorios de 24 h y generando una variable adicional que recogiera las preparaciones que podían contener acrilamida. El tamaño muestral de la base de datos fue de 3859 dividida de la siguiente forma: 1-4 años (n=894) (23,2%), 5-12 años (n= 719) (18,6%), 13-17 años (n=782) (20,3%), 18-64 años (n=1464) (37,9%).

Tabla 3.37- Consumo de alimentos en la población colombiana (g/persona/día) según ENSIN (2015)

ALIMENTOS (preparaciones)	1 a 4 años	5 a 12 años	13 a 17 años	Adultos 18 a 64 años
Patatas (todo tipo de preparación)	106,8	147,8	176,7	170,7
Arepas (todas elaboradas en casa)	59,0	106,6	132,0	119,7
Plátanos (todo tipo de preparación)	83,1	112,2	140,7	135,7
Yuca	49,1	77,0	93,8	100,3
Arroz	58,70	99,2	133,0	111,7
Arepuelas de trigo fritas, churros				
Café (infusión de café)		141,0	182,4	232,9
Café	1,7	1,2	1,7	2,10
Panela	49,5	50,4	52,5	56,5
Agua de panela	277,0	287,3	301,3	360,8
Chocolate (bebida de chocolate)	9,0	12,5	19,7	17,1
Galleta (elaborada en casa)	24,5	31,5	36,3	30,3
Pan de yuca (pandeyuca, pandebono)				
Pan	49,6	77,8	96,4	84,1
Alimentos de paquete (patatas snacks y otros: yuquitas, chips de plátano, chips de maíz)	26,7	33,9	39,4	37,8

Tabla 3.38.- Consumo de alimentos en la población colombiana (g/persona/día) según ENSIN (2015) y cálculos realizados en la base de datos.

ALIMENTOS (preparaciones)	1 a 4 años	5 a 12 años	13 a 17 años	Adultos 18 a 64 años
Papa frita (otras: sabanera, capiro)	0,825	1,26	2,59	1,75
Papa criolla frita	1,72	2,62	5,38	3,64
Papa pastusa frita	3,19	4,86	9,99	6,76
Papas precocidas frita	0,572	0,872	1,79	1,21
Arepas (todas elaboradas en casa)	59,0	106,6	132,0	119,7
Plátano verde frito (patacón, chips)	54,0	62,5	42,5	24,4
Plátano maduro (patacón, chips)	20,6	23,5	31,6	25,3
Yuca (yuca frita, masas de yuca frita)	7,70	13,9	93,8	59,6
Arroz (masas de arroz fritas)	0	0	0	0
Arepuelas de trigo fritas, churros	0,883	1,82	4,23	2,28
Café (infusión de café)		141,0	182,4	232,9
Café	1,70	1,20	1,70	2,10
Panela	49,5	50,4	52,5	56,5
Agua de panela	277,0	287,3	301,3	360,8
Chocolate (bebida de chocolate)	9,00	12,5	19,7	17,1
Galleta (elaborada en casa)	24,5	31,5	36,3	30,3
Pan de yuca (pandeyuca, pandebono)	0,176	0,255	0,323	0,34
Pan	49,6	77,8	96,4	84,1
Alimentos de paquete (patatas snacks y otros: yuquitas, chips de plátano, chips de maíz)	26,7	33,9	39,4	37,8

Las tablas 3.39 a 3.41 recogen la ingesta de acrilamida en microgramos/día teniendo en cuenta los datos de consumo de la tabla 3.38 y los valores de acrilamida obtenidos a tres niveles de intensidad (media de los dos tratamientos independientes, tablas 3.19 a 3.23), los valores de acrilamida en productos comerciales colombianos y preparaciones elaboradas (tabla 3.24) y los valores medios de acrilamida tomados del INVIMA de 2015 y 2016 para patatas fritas chips (snacks) y panes que fueron de 704 µg/kg y 37,6 µg/kg respectivamente (INVIMA, 2018).

Tabla 3.39- Ingesta de acrilamida (µg/día) según encuesta ENSIN (2015) y cálculos realizados en la base de datos a nivel de intensidad culinaria baja.

ALIMENTOS (preparaciones)	1 a 4 años	5 a 12 años	13 a 17 años	Adultos 18 a 64 años
Papa frita (otras: sabanera, capiro)	0,0228	0,0347	0,0714	0,0483
Papa criolla frita	0	0	0	0
Papa pastusa frita	0	0	0	0
Papas precocidas frita	0,0296	0,0451	0,0927	0,0627
Arepas (todas elaboradas en casa)	0,208	0,377	0,466	0,423
Plátano verde frito (patacón, chips)	1,13	1,30	0,89	0,51
Plátano maduro (patacón, chips)	0	0	0	0
Yuca (yuca frita, masas de yuca frita)	0,0877	0,159	1,07	0,678
Arroz (masas de arroz fritas)	0	0	0	0
Arepuelas de trigo fritas, churros	0,0116	0,0240	0,0558	0,0301
Café (infusión de café)	0	4,62	5,98	7,64
Café	1,58	1,12	1,58	1,95
Panela	31,1	31,7	33,0	35,5
Agua de panela	14,2	14,7	15,4	18,5
Chocolate (bebida de chocolate)	0,117	0,163	0,256	0,222
Galleta (elaborada en casa)	1,35	1,73	1,99	1,66
Pan de yuca (pandeyuca, pandebono)	0,00205	0,00297	0,00376	0,00390
Pan	1,86	2,93	3,62	3,16
Alimentos de paquete (patatas snacks y otros: yuquitas, chips de plátano, chips de maíz)	18,8**/0,108	23,9**/0,137	27,7**/0,160	26,6**/0,153

*Tomado como valor de acrilamida los datos del INVIMA (2015,2016) para patatas fritas chips (snacks)

**Tomando como valor de acrilamida los datos de moneditas de maduro de la tabla 3.24

Tabla 3.40.- Ingesta de acrilamida ($\mu\text{g}/\text{día}$) según encuesta ENSIN (2015) y cálculos realizados en la base de datos a nivel de intensidad culinaria media

ALIMENTOS (preparaciones)	1 a 4 años	5 a 12 años	13 a 17 años	Adultos 18 a 64 años
Papa frita (otras: sabanera, capiro)	0,125	0,190	0,391	0,265
Papa criolla frita	0,0557	0,0849	0,175	0,118
Papa pastusa frita	0,152	0,232	0,476	0,322
Papas precocidas frita	0,157	0,240	0,493	0,333
Arepas (todas elaboradas en casa)	0,537	0,970	1,20	1,09
Plátano verde frito (patacón, chips)	38,7	44,8	30,4	17,5
Plátano maduro (patacón, chips)	0	0	0	0
Yuca (yuca frita, masas de yuca frita)	0,154	0,280	1,88	1,20
Arroz (masas de arroz fritas)	0	0	0	0
Arepuelas de trigo fritas, churros	0,0295	0,0608	0,141	0,0763
Café (infusión de café)	0	4,62	5,98	7,64
Café	1,58	1,12	1,58	1,95
Panela	31,1	31,7	33,0	35,5
Agua de panela	14,2	14,7	15,4	18,5
Chocolate (bebida de chocolate)	0,117	0,163	0,256	0,222
Galleta (elaborada en casa)	1,35	1,73	1,99	1,66
Pan de yuca (pandeyuca, pandebono)	0,00219	0,00317	0,00401	0,00416
Pan	1,86	2,93	3,62	3,16
Alimentos de paquete (patatas snacks y otros: yuquitas, chips de plátano, chips de maíz)	18,8*/**0,108	23,9*/**0,137	27,7*/**0,160	26,6*/**0,153

*Tomado como valor de acrilamida los datos del INVIMA (2015,2016) para patatas fritas chips (snacks)

**Tomando como valor de acrilamida los datos de moneditas de maduro de la tabla 3.24

Tabla 3.41.- Ingesta de acrilamida ($\mu\text{g}/\text{día}$) según encuesta ENSIN (2015) y cálculos realizados en la base de datos a nivel de intensidad culinaria alta

ALIMENTOS (preparaciones)	1 a 4 años	5 a 12 años	13 a 17 años	Adultos 18 a 64 años
Papa frita (otras: sabanera, capiro)	0,681	1,04	2,13	1,44
Papa criolla frita	0,113	0,172	0,353	0,239
Papa pastusa frita	1,45	2,22	4,56	3,09
Papas precocidas frita	0,730	1,11	2,29	1,55
Arepas (todas elaboradas en casa)	1,57	2,84	3,51	3,18
Plátano verde frito (patacón, chips)	49,2	57,0	38,7	22,3
Plátano maduro (patacón, chips)	0,109	0,124	0,167	0,133
Yuca (yuca frita, masas de yuca frita)	0,344	0,622	4,19	2,66
Arroz (masas de arroz fritas)	0,459	0,776	1,04	0,873
Arepuelas de trigo fritas, churros	0,0720	0,148	0,345	0,186
Café (infusión de café)	0	4,62	5,98	7,64
Café	1,58	1,12	1,58	1,95
Panela	31,1	31,7	33,0	35,5
Agua de panela	14,2	14,7	15,4	18,5
Chocolate (bebida de chocolate)	0,117	0,163	0,256	0,222
Galleta (elaborada en casa)	1,35	1,73	1,99	1,66
Pan de yuca (pandeyuca, pandebono)	0,00361	0,00523	0,00663	0,00687
Pan	1,86	2,93	3,62	3,16
Alimentos de paquete (patatas snacks y otros: yuquitas, chips de plátano, chips de maíz)	18,8*/**0,108	23,9*/**0,137	27,7*/**0,160	26,6*/**0,153

*Tomado como valor de acrilamida los datos del INVIMA (2015,2016) para patatas fritas chips (snacks)

**Tomando como valor de acrilamida los datos de moneditas de maduro de la tabla 3.24

La tabla 3.42 recoge el peso de la población estudiada por grupos de edad y sexo obtenidos de la encuesta ENSIN (2015) y la tabla 3.43 muestra los valores medios de peso utilizados para calcular el valor del margen de exposición (MOE).

Tabla 3.42.- Peso medio población ENSIN (2015)

Edad	Peso medio (kg)	Peso medio (kg)
MESES	Lactantes-niñas	Lactantes-niños
0-11	7,2	7,6
12-23	10,3	10,8
24-35	12,5	12,9
36-47	14,5	15
48-59	16,6	17
AÑOS	Niñas	Niños

Edad	Peso medio (kg)	Peso medio (kg)
5	19,4	18,9
6	21,7	21,4
7	24,3	24,1
8	27,4	26,8
9	30,4	30,5
10	33,3	35,3
11	37,3	38,9
12	40,8	44,5
	Adolescentes-niñas	Adolescentes-niñas
13	46,5	48,5
14	51,5	50,7
15	55,7	52,9
16	59,5	54,7
17	60,5	54,6
	Mujeres adultas	Hombres adultos
18-22	58,6	66,2
23-27	62,3	70,9
28-32	64,7	73,5
33-37	66,2	75,9
38-42	66,9	76,2
43-47	67,6	74,7
49-52	67,6	74,8
53-57	66,2	73,6
58-64	66,2	73,4

TABLA 3.43.- Peso medios utilizadas para calcular el MOE de la población colombiana

Edad (años)	Peso-Mujeres (kg)	Peso-hombres (kg)
<1	7,2	7,6
1-4	13,5	13,9
5-12	29,3	30,1
13-17	54,7	52,3
18-64	65,1	73,2

El margen de seguridad (MOE) que establece el riesgo para este compuesto se muestra en las tablas 3.44 y 3.45. Para ello se ha considerado la ingesta de acrilamida según intensidad de procesado (tablas 3.39 a 3.41) y el consumo de alimentos en paquetes como si fuesen patatas fritas chips (snacks), el peso medio de la población de estudio recogido en la tabla 3.43 y tomando el valor de toxicidad de 170 $\mu\text{g}/\text{kg}/\text{día}$ para riesgos neoplásicos de la acrilamida (tabla 3.44) y de 430 $\mu\text{g}/\text{kg}/\text{día}$ para riesgos neurotóxicos (sobre todo en niños_{S10})(EFSA, 2015). Las tablas 3.46 y 3.47 muestran los valores MOE para efectos neoplásicos y neurotóxicos, respectivamente, pero considerando el consumo de alimentos en paquetes como si fueran moneditas de maduro.

Tabla 3.44.- MOE para efectos neoplásicos considerando los datos de ENSIN (2015) y cálculos realizados en la base de datos considerando alimentos en paquete como snacks de patatas fritas

	1 a 4 años	5 a 12 años	13 a 17 años	Adultos 18 a 64 años
Intensidad baja				
MOE (niñas-mujeres)	32,6	60,2	101	114
MOE (niños-hombres)	33,5	61,7	96,4	128
Intensidad media				
MOE (niñas-mujeres)	21,1	39,0	74,5	95,3
MOE (niños-hombres)	21,7	40,0	71,3	107
Intensidad alta				
MOE (niñas-mujeres)	18,5	33,9	63,3	84,6
MOE (niños-hombres)	19,1	34,8	60,5	95,1

Tabla 3.45.- MOE para efectos neurotóxicos considerando los datos de ENSIN (2015) y cálculos realizados en la base de datos considerando alimentos en paquete como snacks de patatas fritas

	1 a 4 años	5 a 12 años	13 a 17 años	Adultos 18 a 64 años
Intensidad baja				
MOE (niñas-mujeres)	82,4	152	255	289
MOE (niños-hombres)	84,8	156	244	325
Intensidad media				
MOE (niñas-mujeres)	53,3	98,7	189	241
MOE (niños-hombres)	54,9	101	180	271
Intensidad alta				
MOE (niñas-mujeres)	46,9	85,8	160	214
MOE (niños-hombres)	48,3	88,0	153	241

Tabla 3.46.- MOE para efectos neoplásicos considerando los datos de ENSIN (2015) y cálculos realizados en la base de datos considerando alimentos en paquete como moneditas de maduro

	1 a 4 años	5 a 12 años	13 a 17 años	Adultos 18 a 64 años
Intensidad baja				
MOE (niñas-mujeres)	44,3	84,4	144	157
MOE (niños-hombres)	45,6	86,6	138	177
Intensidad media				
MOE (niñas-mujeres)	25,5	48,0	95,7	123
MOE (niños-hombres)	26,2	49,2	91,5	139

Intensidad alta				
MOE (niñas-mujeres)	21,9	40,5	77,9	106
MOE (niños-hombres)	22,5	41,5	74,5	119

Tabla 3.47.- MOE para efectos neurotóxicos considerando los datos de ENSIN (2015) y cálculos realizados en la base de datos considerando alimentos en paquete como moneditas de maduro

	1 a 4 años	5 a 12 años	13 a 17 años	Adultos 18 a 64 años
Intensidad baja				
MOE (niñas-mujeres)	112	214	364	397
MOE (niños-hombres)	115	219	348	446
Intensidad media				
MOE (niñas-mujeres)	64,4	121	242	312
MOE (niños-hombres)	66,3	124	231	351
Intensidad alta				
MOE (niñas-mujeres)	55,3	102	197	268
MOE (niños-hombres)	56,9	105	188	302

Los valores de MOE para los efectos neoplásicos oscilaron entre 18,5 para el grupo de niñas de 1-4 años e intensidad de procesamiento culinario alta y 128 para el grupo de hombres adultos e intensidad de procesamiento culinario bajo (tabla 3.44) y considerando el consumo de alimentos en paquete como si fueran patatas fritas chips. Los valores de MOE obtenidos se elevan para los mismos grupos e intensidades de tratamiento a 21,9 y 177 respectivamente, pero considerando que el consumo de alimentos en paquete fueran moneditas de maduro (tabla 3.46).

En todos los casos los valores obtenidos presentan alto riesgo ya que se considera que se deben tener valores de MOE superiores a 10000 para no presentar riesgo neoplásico. Los datos obtenidos están lejos de los valores reportados para la población europea (EFSA, 2015) que para el peor de los escenarios da valores de 89 para niños de 1 a 3 años, 106 para los de 4 a 9 años, 189 para los comprendidos entre 10 y 18 años y 283 para adultos entre 18 y 65 años. Molina Pérez *et al.* (2016) evaluaron el riesgo para la población española de una forma semejante en lo referente a los datos del consumo medio de la población, al utilizar una base de datos del Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, pero sin el análisis del contenido de acrilamida en alimentos sino tomando valores medios de bibliografía, y encuentran para efectos neoplásicos (tumores en glándula de Harder de ratones con un BMDL₁₀ de 180 µg/kg/día) valores de 196 para niños entre 5 y 14 años y 217 para adultos entre 25 y 34 años que también son superiores a los obtenidos por nosotros. Para población francesa y en niños de 1 a 3 años, Sirot *et al.* (2019) encontraron valores de MOE superiores, en este caso 200. Valores más próximos a los nuestros han sido obtenidos por (Nematollahi *et al.*, 2020) para la población de Teherán (Irán) que encontraron valores de MOE próximos a 89, 156 y 267 para el consumo medio de una población con 3 a 10, 11 a 17 y 18 a 60 años respectivamente. Barón *et al.*, (2021) analizó alimentos colombianos similares a los nuestros (patatas fritas francesas, patatas fritas chips, plátanos maduros e inmaduros, panela) pero no procesados de forma casera sino industrial y comprados en los supermercados y estimó la exposición a través de encuesta nacional

de situación alimentaria y nutricional de Colombia pero de 2005 (ICBF,2005) obteniendo también valores de MOE superiores a los nuestros, 185 para los niños de 2 a 3 años, 201 para los de 4 a 8 años, 265 para los de 9 a 13, 394 para los que tienen de 14 a 18 años y 572 para los adultos de 19 a 30 años.

Los valores de MOE para neurotoxicidad oscilaron entre 46,9 para niñas de 1-4 años e intensidad de tratamiento culinario alto y 325 para hombres adultos de 18 a 64 años y consumo de alimentos de baja intensidad de tratamiento culinario y considerando que el consumo de alimentos en paquete se debe exclusivamente a patatas fritas chips (tabla 3.45). Estos valores se elevan hasta 55,3 y 496 si se considera el consumo de moneditas de maduro en vez de patatas fritas chips para los alimentos empaquetados (tabla 3.47). Si consideramos para toxicidad no neoplásica valores de MOE inferiores a 125 se puede presentar riesgo, independientemente de considerar patatas fritas chips o moneditas de maduro, en niños y niñas de 1-4 años a cualquier intensidad de tratamiento térmico (aunque con moneditas de maduro los valores están próximos a no riesgo) y niños de 5 a 12 años con consumo de alimentos tratados térmicamente a niveles de intensidad media y alta. Como en el caso de la toxicidad neoplásica estos valores son superiores de forma general a los reportados en bibliografía, que en el caso de la población europea y en el peor escenario y para los valores medios fueron de 226 para niños de 1 y 3 años y 717 para adultos entre 18 y 65 años y superiores también a los de la población colombiana aportados por Barón *et al.*, (2021) que fueron de 467 para los niños de 2 a 3 años, 509 para los de 4 a 8 años, 671 para los de 9 a 13 años, 998 para los de 14 a 18 años y 1443 para los adultos de 19 a 30 años. Pero más próximos a los obtenidos por Nematollahi *et al.*, (2020) para la población de Teherán que presentaron valores de MOE de 300, 413 y 675 para el consumo medio de una población con 3 a 10, 11 a 17 y 18 a 60 años respectivamente.

La ingesta de acrilamida en microgramos/kg/día para los diferentes grupos de población colombiana y alimentos procesados a tres niveles de intensidad de tratamiento culinario casero, según sexo, se muestra en las tablas 3.48 a 3.53.

Tabla 3.48.- Ingesta de acrilamida en microgramos/kg/día según grupos de edad y para el género masculino a intensidad de tratamiento culinario bajo

Preparaciones	1-4 años	5-12 años	13-17 años	18-64 años
Papa frita (otras: sabanera, capiro)	0,00164	0,00116	0,00137	0,00066
Papa criolla frita	0	0	0	0
Papa pastusa frita	0	0	0	0
Papas precocidas frita	0,00213	0,00150	0,00177	0,00086
Arepas (todas elaboradas en casa)	0,0150	0,01253	0,00892	0,00578
Plátano verde frito (patacón, chips)	0,0810	0,04336	0,01694	0,00695
Plátano maduro (patacón, chips)	0	0	0	0
Yuca (yuca frita, masas de yuca frita)	0,00631	0,00528	0,02042	0,00927
Arroz (masas de arroz fritas)	0	0	0	0
Arepuelas de trigo fritas, churros	0,00084	0,00080	0,00107	0,00041
Café (infusión de café)	0	0,154	0,114	0,104
Café	0,114	0,0371	0,0302	0,0267

Preparaciones	1-4 años	5-12 años	13-17 años	18-64 años
Panela	2,24	1,053	0,630	0,485
Agua de panela	1,02	0,490	0,295	0,252
Chocolate (bebida de chocolate)	0,00842	0,00541	0,00490	0,00304
SUMA	5,07/3,72	2,75/1,96	1,76/1,24	1,32/0,963

Tabla 3.49.- Ingesta de acrilamida en microgramos/kg/día según grupos de edad y para el género masculino a intensidad de tratamiento culinario intermedio

Preparaciones	1-4 años	5-12 años	13-17 años	18-64 años
Papa frita (otras: sabanera, capiro)	0,00897	0,00633	0,00748	0,00361
Papa criolla frita	0,00400	0,00282	0,00334	0,00161
Papa pastusa frita	0,01093	0,00771	0,00911	0,00440
Papas precocidas frita	0,01130	0,00797	0,00942	0,00455
Arepas (todas elaboradas en casa)	0,03862	0,03227	0,02296	0,01488
Plátano verde frito (patacón, chips)	2,78	1,49	0,582	0,239
Plátano maduro (patacón, chips)	0	0	0	0
Yuca (yuca frita, masas de yuca frita)	0,0111	0,00930	0,0360	0,0163
Arroz (masas de arroz fritas)	0	0	0	0
Arepuelas de trigo fritas, churros	0,00212	0,00202	0,00270	0,00104
Café (infusión de café)	0	0,154	0,114	0,104
Café	0,114	0,0371	0,0302	0,0267
Panela	2,24	1,05	0,630	0,485
Agua de panela	1,02	0,490	0,295	0,252
Chocolate (bebida de chocolate)	0,00842	0,00541	0,00490	0,00304
Galleta (elaborada en casa)	0,0968	0,0575	0,0381	0,0227
Pan de yuca (pandeyuca, pandebono)	0,000157	0,000105	0,0000767	0,0000569
Pan	0,134	0,0973	0,0693	0,0432
Alimentos de paquete (patatas snacks)/moneditas de maduro)	1,35/0,00778	0,794/0,00457	0,530/0,00305	0,364/0,00209
SUMA	7,83/6,49	4,24/3,46	2,39/1,86	1,58/1,22

Tabla 3.50.- Ingesta de acrilamida en microgramos/kg/día según grupos de edad y para el género masculino a intensidad de tratamiento culinario alto

Preparaciones	1-4 años	5-12 años	13-17 años	18-65 años
Papa frita (otras: sabanera, capiro)	0,04898	0,03455	0,04082	0,01973
Papa criolla frita	0,00811	0,00572	0,00676	0,00327
Papa pastusa frita	0,105	0,0738	0,0872	0,0422
Papas precocidas frita	0,0525	0,0371	0,0438	0,0212
Arepas (todas elaboradas en casa)	0,113	0,0944	0,0672	0,0435
Plátano verde frito (patacón, chips)	3,54	1,90	0,741	0,304

Preparaciones	1-4 años	5-12 años	13-17 años	18-65 años
Plátano maduro (patacón, chips)	0,00782	0,00413	0,00320	0,00182
Yuca (yuca frita, masas de yuca frita)	0,0247	0,0207	0,0800	0,0363
Arroz (masas de arroz fritas)	0,0330	0,0258	0,0199	0,0119
Arepuelas de trigo fritas, churros	0,00518	0,00494	0,00659	0,00254
Café (infusión de café)	0	0,154	0,114	0,104
Café	0,114	0,0371	0,0302	0,0267
Panela	2,24	1,05	0,630	0,485
Agua de panela	1,02	0,490	0,295	0,252
Chocolate (bebida de chocolate)	0,00842	0,00541	0,00490	0,00304
Galleta (elaborada en casa)	0,0968	0,0575	0,0381	0,0227
Pan de yuca (pandeyuca, pandebono)	0,000260	0,000174	0,0001267	0,0000939
Pan	0,134	0,0973	0,0693	0,0432
Alimentos de paquete (patatas snacks)/moneditas de maduro)	1,35/0,00778	0,794/0,00457	0,530/0,00305	0,364/0,00209
SUMA	8,90/7,56	4,88/4,10	2,81/2,28	1,79/1,43

Tabla 3.51.- Ingesta de acrilamida en microgramos/kg/día según grupos de edad y para el género femenino a intensidad de tratamiento culinario bajo

Preparaciones	1-4 años	5-12 años	13-17 años	18-65 años
Papa frita (otras: sabanera, capiro)	0,00169	0,00119	0,00131	0,000743
Papa criolla frita	0	0	0	0
Papa pastusa frita	0	0	0	0
Papas precocidas frita	0,00219	0,00154	0,00169	0,000963
Arepas (todas elaboradas en casa)	0,0154	0,0129	0,00852	0,00650
Plátano verde frito (patacón, chips)	0,0834	0,0445	0,0162	0,00782
Plátano maduro (patacón, chips)	0	0	0	0
Yuca (yuca frita, masas de yuca frita)	0,00649	0,00542	0,0195	0,0104
Arroz (masas de arroz fritas)	0	0	0	0
Arepuelas de trigo fritas, churros	0,000862	0,000819	0,00102	0,000462
Café (infusión de café)	0	0,158	0,109	0,117
Café	0,117	0,0381	0,0289	0,0300
Panela	2,30	1,08	0,603	0,545
Agua de panela	1,05	0,502	0,282	0,284
Chocolate (bebida de chocolate)	0,00867	0,00555	0,00468	0,00341
Galleta (elaborada en casa)	0,0996	0,0590	0,0364	0,0256
Pan de yuca (pandeyuca, pandebono)	0,000152	0,000101	0,0000688	0,0000600
Pan	0,138	0,0998	0,0663	0,0486
Alimentos de paquete (patatas snacks)/moneditas de maduro)	1,39/0,00801	0,815/0,00469	0,507/0,00292	0,409/0,0235
SUMA	5,21/3,83	2,82/2,01	1,69/1,18	1,49/1,08

Tabla 3.52.- Ingesta de acrilamida en microgramos/kg/día según grupos de edad y para el género femenino a intensidad de tratamiento culinario intermedio

Preparaciones	1-4 años	5-12 años	13-17 años	18-65 años
Papa frita (otras: sabanera, capiro)	0,00924	0,00649	0,00715	0,004063
Papa criolla frita	0,00412	0,00290	0,00319	0,00181
Papa pastusa frita	0,01125	0,00791	0,00871	0,00495
Papas precocidas frita	0,01164	0,00818	0,00901	0,005119
Arepas (todas elaboradas en casa)	0,0398	0,0331	0,0220	0,0167
Plátano verde frito (patacón, chips)	2,86	1,53	0,556	0,269
Plátano maduro (patacón, chips)	0	0	0	0
Yuca (yuca frita, masas de yuca frita)	0,0114	0,00954	0,0344	0,0184
Arroz (masas de arroz fritas)	0	0	0	0
Arepuelas de trigo fritas, churros	0,00218	0,00207	0,00258	0,00117
Café (infusión de café)	0	0,158	0,109	0,117
Café	0,117	0,0381	0,0289	0,0300
Panela	2,30	1,08	0,603	0,545
Agua de panela	1,05	0,502	0,282	0,284
Chocolate (bebida de chocolate)	0,00867	0,00555	0,00468	0,00341
Galleta (elaborada en casa)	0,0996	0,0590	0,0364	0,0256
Pan de yuca (pandeyuca, pandebono)	0,000162	0,000108	0,0000734	0,0000639
Pan	0,138	0,0998	0,0663	0,0486
Alimentos de paquete (patatas snacks)/moneditas de maduro)	1,39/0,00801	0,815/0,00469	0,507/0,00292	0,409/0,0235
SUMA	8,06/6,68	4,36/3,55	2,28/1,78	1,78/1,38

Tabla 3.53.- Ingesta de acrilamida en microgramos/kg/día según grupos de edad y para el género femenino a intensidad de tratamiento culinario alto

Preparaciones	1-4 años	5-12 años	13-17 años	18-65 años
Papa frita (otras: sabanera, capiro)	0,0504	0,0354	0,0390	0,0222
Papa criolla frita	0,00835	0,00587	0,00646	0,00367
Papa pastusa frita	0,108	0,0757	0,0834	0,0474
Papas precocidas frita	0,0541	0,0380	0,0419	0,0238
Arepas (todas elaboradas en casa)	0,116	0,0968	0,0642	0,0489
Plátano verde frito (patacón, chips)	3,65	1,94	0,708	0,342
Plátano maduro (patacón, chips)	0,00805	0,00424	0,00306	0,00205
Yuca (yuca frita, masas de yuca frita)	0,0255	0,02123	0,0765	0,0409
Arroz (masas de arroz fritas)	0,0340	0,0265	0,0190	0,0134
Arepuelas de trigo fritas, churros	0,00533	0,00506	0,00630	0,00286

Preparaciones	1-4 años	5-12 años	13-17 años	18-65 años
Café (infusión de café)	0	0,158	0,109	0,117
Café	0,117	0,0381	0,0289	0,0300
Panela	2,30	1,08	0,603	0,545
Agua de panela	1,05	0,502	0,282	0,284
Chocolate (bebida de chocolate)	0,00867	0,00555	0,00468	0,00341
Galleta (elaborada en casa)	0,0996	0,0590	0,0364	0,0256
Pan de yuca (pandeyuca, pandebono)	0,000268	0,000179	0,000121	0,000106
Pan	0,138	0,0998	0,0663	0,0486
Alimentos de paquete (patatas snacks)/moneditas de maduro)	1,39/0,00801	0,815/0,00469	0,507/0,00292	0,409/0,0235
SUMA	9,16/7,78	5,01/4,20	2,69/2,18	2,00/1,60

La ingesta de acrilamida, como es lógico, fue más alta en el grupo de menor peso (niños de 1-4 años) y osciló entre 3,72-3,83 $\mu\text{g}/\text{kg}/\text{día}$ cuando la intensidad del procesado de forma casera de los alimentos fue baja a 7,56-7,78 $\mu\text{g}/\text{kg}/\text{día}$ cuando fue alta y considerando que el consumo de alimentos en paquete son moneditas de maduro. En adultos, y para las mismas consideraciones los valores fueron más bajos de 0,96-1,08 $\mu\text{g}/\text{kg}/\text{día}$ a 1,43-1,60 $\mu\text{g}/\text{kg}/\text{día}$. Lógicamente estos valores se incrementan si en vez de moneditas de maduro se consideran patatas chips como alimentos en paquete.

Los valores medios reportados para la población europea (EFSA, 2015) fueron 1,4 $\mu\text{g}/\text{kg}/\text{día}$ para el grupo de niños de 1 a 3 años, 1,2 $\mu\text{g}/\text{kg}/\text{día}$ para el grupo de 4 a 9 años, 0,7 $\mu\text{g}/\text{kg}/\text{día}$ para el de 10 a 18 y 0,5 $\mu\text{g}/\text{kg}/\text{día}$ para adultos hasta 65 años, valores que oscilaron entre 2 a 3 veces inferiores a los obtenidos por nosotros según consideremos adultos o niños pequeños respectivamente y en nuestro mejor escenario (moneditas de maduro). También fueron inferiores los valores obtenidos por Molina Pérez et al. (2016) para la población española que fueron de 0,89 y 0,92 $\mu\text{g}/\text{kg}/\text{día}$ para niños y niñas de 5 a 14 años respectivamente y de 0,51 y 0,63 $\mu\text{g}/\text{kg}/\text{día}$ para hombres y mujeres respectivamente con edades entre 14 y 24. Para población francesa y en niños de 1 a 3 años los valores obtenidos por Sirot *et al.*, (2019), 0,74 $\mu\text{g}/\text{kg}/\text{día}$ fueron ligeramente inferiores a los de la población española y muy inferiores a los obtenidos en nuestro estudio. Nematollahi *et al.*(2020) para la población de Teherán (Irán) reportó valores más próximos a los obtenidos por nosotros para los grupos de edad de 3 a 10 años que fueron de 1,81 y 1,77 $\mu\text{g}/\text{kg}/\text{día}$ para chicos y chicas respectivamente y para adolescentes entre 11 y 17 años que fueron de 0,94 y 1,15 $\mu\text{g}/\text{kg}/\text{día}$ para el chicos y chicas respectivamente y siempre que nosotros consideremos el mejor escenario. La ingesta indicada por Barón *et al.* (2021) en la población colombiana fue inferior a la obtenida por nuestro estudio y semejante a la reportada para la población europea(EFSA, 2015).

Cuando se considera la ingesta de acrilamida a diferentes niveles de intensidad en función del peso del individuo y considerando el consumo de alimentos en paquete como patatas chips, los valores se incrementan un 55% para el nivel intermedio y un 76% para el nivel alto en el grupo de niños de 1 a 4 años e incrementos semejantes para niños de 5 a 12 años (55% y 77%). Para adolescentes el incremento es un 36% para el nivel intermedio y de un 60% para la intensidad más alta y en adultos

(18-65 años) el incremento en la ingesta es el menor al poseer el mayor peso y fue de 20% cuando se pasa del nivel más bajo al intermedio y de 36% cuando se pasa del nivel más bajo al de mayor intensidad. Cuando consideramos las moneditas de maduro en los alimentos en paquete los incrementos son mayores al poseer menor valor de acrilamida y suponer este alimento un menor porcentaje de la ingesta. Los porcentajes de incrementos fueron 75/103, 77/109, 51/85 y 28/49 según nivel de intensidad (intensidad 2/intensidad 3) y edad 1-4, 5-12, 13-17 y 18-65 respectivamente. El estudio realizado por el panel sobre contaminantes en la cadena alimentaria en referencia a la acrilamida para la población europea(EFSA, 2015) simuló el escenario de preferencia de los consumidores por patatas fritas chips crujientes y patatas fritas tipo francés marrones obteniendo en ese caso un aumento en la exposición media de hasta un 64%.

La contribución que los distintos alimentos aportan a la ingesta de acrilamida la podemos observar en las figuras 3.23 a 3.26, donde se muestra el porcentaje que estos aportan a la ingesta en niños entre 1 y 4 años y adultos entre 18 y 65 teniendo en cuenta los niveles de intensidad culinaria bajo y alto y considerando que los alimentos empaquetados son patatas fritas snacks.

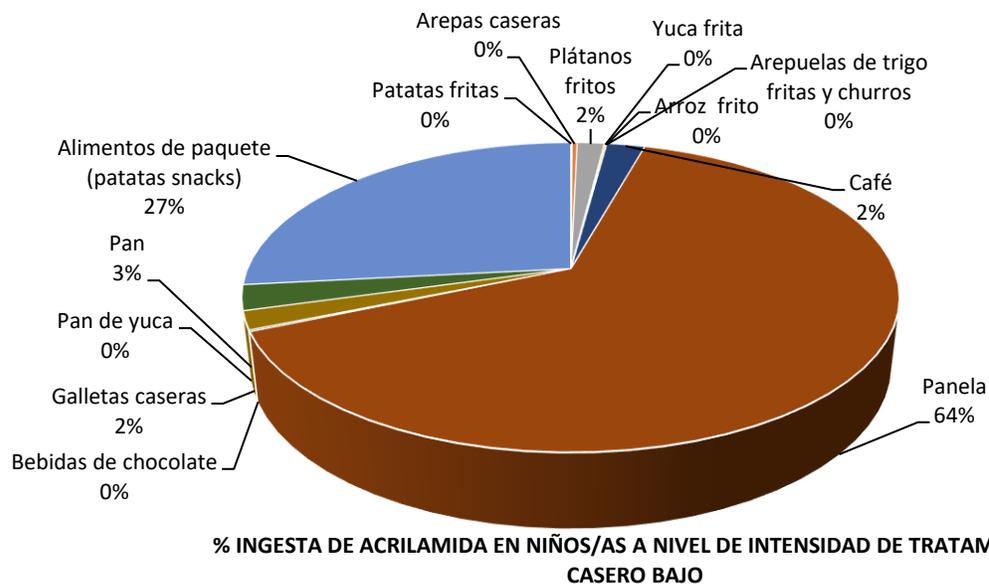


Figura 3.23.- Contribución de los alimentos procesados con bajo tratamiento térmico a la ingesta de acrilamida en niños/as de 1-4 años considerando los alimentos de paquete como patatas fritas snacks

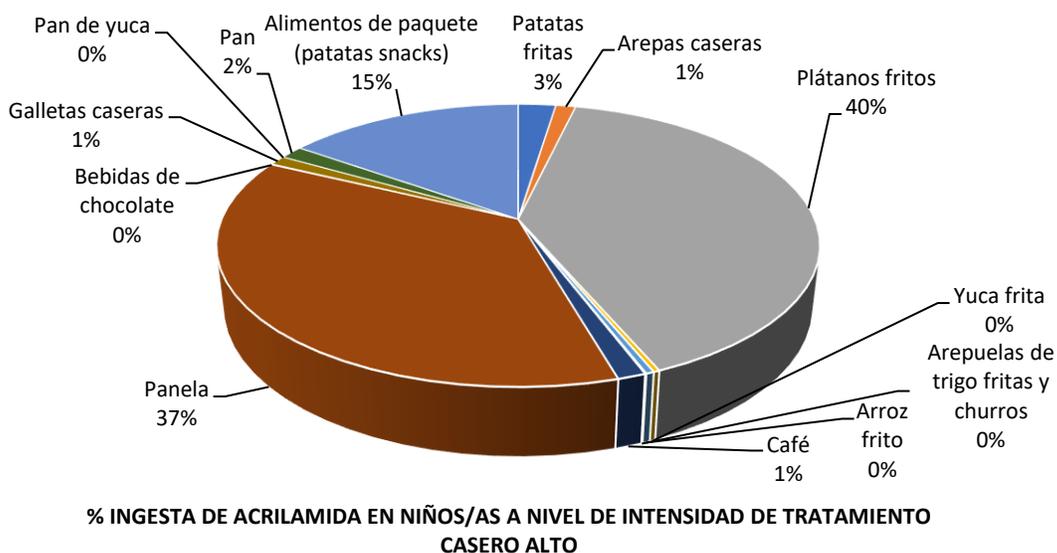


Figura 3.24.- Contribución de los alimentos procesados con alto tratamiento térmico a la ingesta de acrilamida en niños/as de 1-4 años considerando los alimentos de paquete como patatas fritas snacks

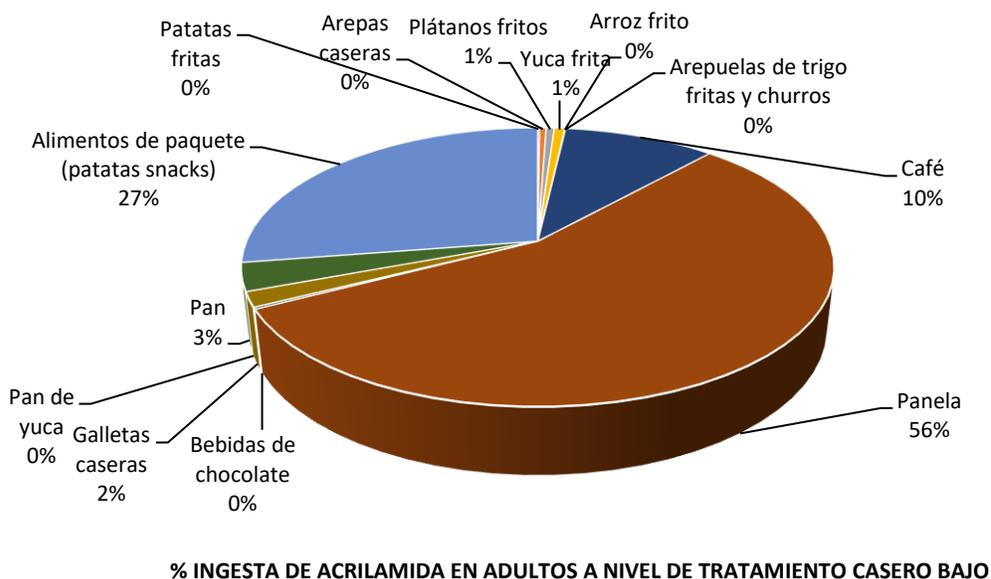
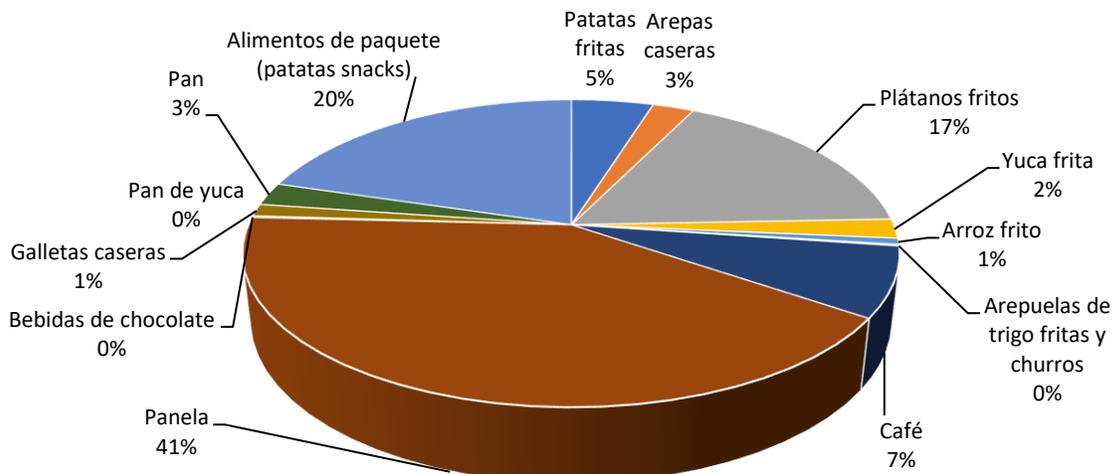


Figura 3.25.- Contribución de los alimentos procesados con bajo tratamiento térmico a la ingesta de acrilamida en adultos considerando los alimentos de paquete como patatas fritas snacks

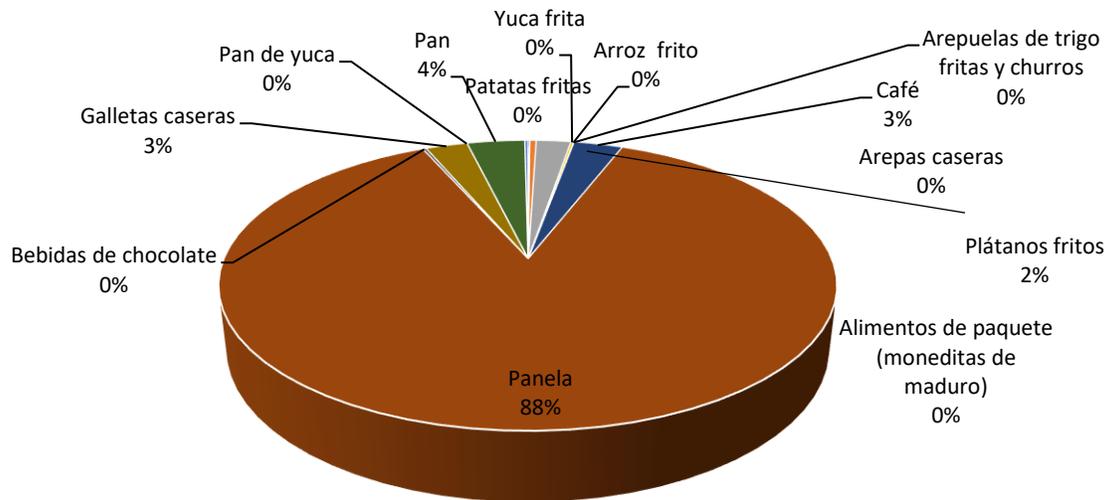


% INGESTA DE ACRILAMIDA EN ADULTOS A NIVEL DE TRATAMIENTO CASERO ALTO

Figura 3.26.- Contribución de los alimentos procesados con alto tratamiento térmico a la ingesta de acrilamida en adultos considerando los alimentos de paquete como patatas fritas snacks

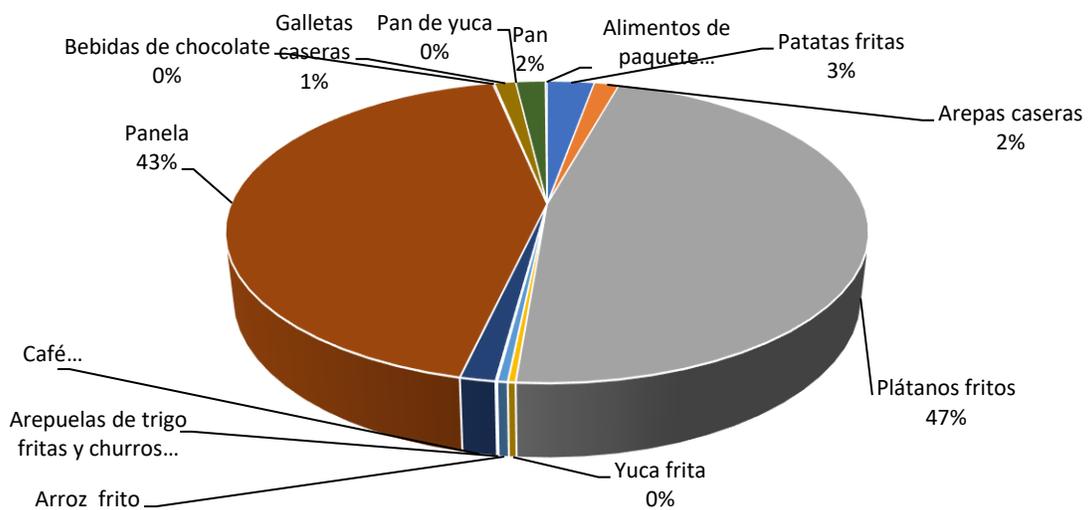
Como se observa los resultados se modifican conforme avanza la edad y la intensidad de tratamiento térmico de los alimentos procesados de forma casera. Con respecto a la edad estos cambios se producen principalmente por la disminución de la contribución de los plátanos fritos y la mayor proporción del café en adultos. Con respecto a la intensidad del tratamiento térmico casero se produce una disminución de la contribución de la panela que pasa del 64 al 37% en niños de 1-4 años y del 56 a 41% en adultos, el aumento de la proporción de los plátanos fritos que pasan del 2 al 40% en el grupo de los niños y del 1 al 17% en adultos y en menor medida el aumento en un 3% y 5% en la proporción de las patatas fritas.

Si en vez de considerar que los alimentos en paquete son patatas fritas chips consideramos que son moneditas de maduro (figuras 3.27, 3.28, 3.29 y 3.30) se produce una disminución muy notable en la proporción de acrilamida que aportan los alimentos en paquete que de una media del 22% de la ingesta pasa a ser prácticamente nula, aumentando por tanto el resto de los alimentos destacando la panela, que a intensidades bajas está por encima del 77% para ambos grupos de edad y a intensidades de tratamiento térmico casero alto por encima del 43%.



% INGESTA DE ACRILAMIDA EN NIÑOS/AS DE 1 A 4 AÑOS A NIVEL DE INTENSIDAD DE TRATAMIENTO CASERO BAJO

Figura 3.27.- Contribución de los alimentos procesados con bajo tratamiento térmico a la ingesta de acrilamida en niños/as de 1-4 años considerando los alimentos de paquete como moneditas de maduro



% INGESTA DE ACRILAMIDA EN NIÑOS/AS DE 1 A 4 AÑOS A NIVEL DE INTENSIDAD DE TRATAMIENTO CASERO ALTO

Figura 3.28.- Contribución de los alimentos procesados con alto tratamiento térmico a la ingesta de acrilamida en niños/as de 1-4 años considerando los alimentos de paquete como moneditas de maduro

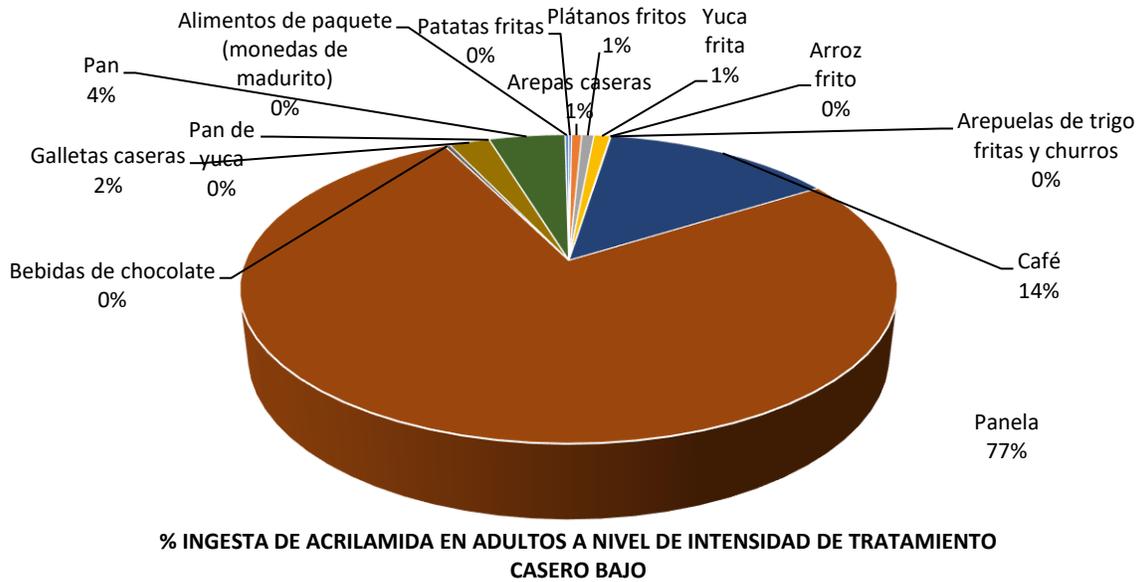


Figura 3.29.- Contribución de los alimentos procesados con bajo tratamiento térmico a la ingesta de acrilamida en adultos considerando los alimentos de paquete como moneditas de maduro

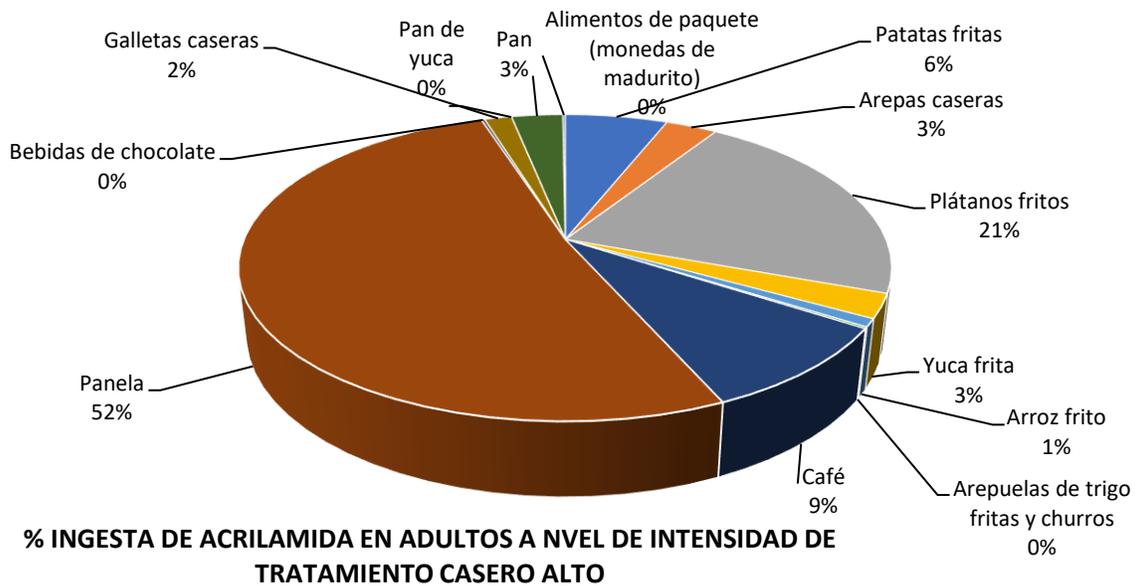


Figura 3.30.-- Contribución de los alimentos procesados con alto tratamiento térmico a la ingesta de acrilamida en adultos considerando los alimentos de paquete como moneditas de maduro

Los resultados obtenidos son muy diferentes a los encontrados en bibliografía. Así el principal contribuyente a la exposición promedio total de la población europea (EFSA, 2015) para niños (1-3 años), otros niños (4-9 años) y adolescentes (10-17 años) fueron las patatas fritas representando en casi todos los grupos más del 10 %, y hasta el 51 % de la exposición total en algunos individuos. Los productos a base de cereales (pan, cereales de desayuno, galletas, papillas, bollería y pastelería)

representan hasta el 25% de la exposición suponiendo las papillas un 14% para niños de 1 a 4 años y galletas y productos de bollería y pastelería hasta un 15% en las población de 4 a 17 años. Los productos a base de cacao no contribuyen en más de un 10% y el café y sucedáneos en menos de un 5%. En adultos, las patatas fritas y el pan, pueden llegar a contribuir hasta en un 49% y un 23% respectivamente. El café en algunos casos puede llegar hasta el 34% y galletas, cereales de desayuno, productos a base de cacao, menos del 10%. Para la población española el principal contribuyente fueron los cereales y derivados (31% para el pan, 22% para pan tostado, 19% para galletas y 8% cereales de desayuno) y solo un 9% para patatas críps y un 3% para café (Molina Pérez *et al.*, 2016), la diferente distribución no solo con respecto a nuestros datos sino con lo que recoge EFSA (21015) para la población europea es el no haber considerado el consumo de patatas fritas por falta de una fuente fiable de datos de consumo, lo que también produce una subestimación en el cálculo de la ingesta diaria de acrilamida que estos autores calculan. Para niños franceses de 1 a 3 años son los productos a base de patata con un 52% y las galletas con un 27% los alimentos que más contribuyen a la ingesta de acrilamida (Sirot *et al.*, 2019). Para la población de Teherán (Irán) y para los grupos que estudiaron semejantes a los nuestros, niños de 1 a 3 años, adolescentes de 11 a 17 años y adultos de 18 a 60 años la mayor contribución la proporcionó el pan con un 49%, 53% y 63% respectivamente. Los snacks (a base de patata y maíz) ocuparon el segundo lugar con un porcentaje de participación en el rango del 11% para adultos a 21% para niños. Los productos de confitería y panadería mostraron una proporción de contribución similar en todos los grupos de edad excepto en los niños (5-9% para cada producto) (Nematollahi *et al.*, 2020). Hay que indicar que como en el caso de España, Nematollahi *et al.*, (2020) solo valoraron 7 grupos de alimentos (pan, productos de panadería, productos de confitería, snacks, comida rápida, frutos secos tostados y café) lo que también influirá en la ingesta aportada para esta población que seguramente este subestimada. Como era de esperar, la contribución de los alimentos indicada por Barón *et al.*, (2021) para la población colombiana se asemeja en parte a la obtenida por nosotros a intensidad de tratamiento casero baja, así para niños de 2 a 3 años la panela proporciona el 47% del total, las galletas un 15%, las patatas fritas un 13%, las patatas críps un 9%, el pan un 8% y en menor medida el plátano frito con un 5% y el café con un 2%. En el caso de los adultos de 31 a 50 años la panela supone el 35% de la contribución total, las patatas fritas un 24%, el pan un 11%, los plátanos un 12% y el café un 7%, distribución que se pueden aproximar a los obtenidos por nosotros para adultos a intensidad de tratamiento casero alto.

La panela es un alimento de consumo tradicional en Colombia, también en otras regiones americanas, como Venezuela, México, Perú, Ecuador, Brasil y Guatemala y en Asia, principalmente en la India, pero no se consume en Europa y tampoco en Norte América. La contribución de la panela a la ingesta de acrilamida obtenida en nuestro estudio es muy alta (tablas 3.48-3.53 y figuras 3.23-3.30) por lo no es de extrañar la disminución en aproximadamente un 57% y un 80% de la ingesta de acrilamida, según consideremos un tipo u otro de alimento en paquete y a nivel de procesado casero bajo, sino tenemos en cuenta su consumo. Cuando la intensidad del tratamiento casero es alta y considerando patatas chips o moneditas de maduro como alimentos en paquete la disminución es del 36% y 43% respectivamente sino consideramos su consumo (tabla 3.54).

Tabla 3.54. Ingesta de acrilamida en microgramos/kg/día considerando o no el consumo de panela y porcentaje de reducción

	1-4 años					
	Niños	Niñas	Niños	Niñas	Niños	Niñas
	Intensidad 1		Intensidad 2		Intensidad 3	
Con panela (snacks patatas fritas)	5,07	5,22	7,83	8,06	8,9	9,16
Con panela (snacks moneditas de maduro)	3,72	3,83	6,49	6,68	7,56	7,78
Sin panela (snacks patatas fritas)	1,81	1,87	4,57	4,71	5,64	5,81
Sin panela (snacks moneditas de maduro)	0,468	0,482	3,23	3,32	4,3	4,43
% disminución (snacks patatas fritas)	64,2		41,6		36,6	
% disminución (snacks moneditas de maduro)	87,4		50,2		43,1	
	5-13 años					
	Niños	Niñas	Niños	Niñas	Niños	Niñas
	Intensidad 1		Intensidad 2		Intensidad 3	
Con panela (snacks patatas fritas)	2,75	2,82	4,25	4,36	4,89	5,01
Con panela (snacks moneditas de maduro)	1,96	2,01	3,46	3,55	4,1	4,2
Sin panela (snacks patatas fritas)	1,21	1,24	2,7	2,77	3,34	3,43
Sin panela (snacks moneditas de maduro)	0,421	0,431	1,91	1,96	2,55	2,62
% disminución (snacks patatas fritas)	56		36,3		31,6	
% disminución (snacks moneditas de maduro)	78,6		44,6		37,7	
	14-17 años					
	Niños	Niñas	Niños	Niñas	Niños	Niñas
	Intensidad 1		Intensidad 2		Intensidad 3	
Con panela (snacks patatas fritas)	1,76	1,69	2,39	2,28	2,81	2,69
Con panela (snacks moneditas de maduro)	1,24	1,18	1,86	1,78	2,28	2,18
Sin panela (snacks patatas fritas)	0,838	0,801	1,46	1,4	1,88	1,8
Sin panela (snacks moneditas de maduro)	0,311	0,297	0,933	0,892	1,36	1,3
% disminución (snacks patatas fritas)	52,5		38,8		32,9	
% disminución (snacks moneditas de maduro)	74,9		49,8		40,6	

	18-65 años					
	Hombres	Mujeres	Hombres	Mujeres	Hombres	Mujeres
	Intensidad 1		Intensidad 2		Intensidad 3	
Con panela (snacks patatas fritas)	1,325	1,49	1,59	1,78	1,79	2,01
Con panela (snacks moneditas de maduro)	0,963	1,08	1,22	1,38	1,43	1,6
Sin panela (snacks patatas fritas)	0,588	0,661	0,849	0,955	1,05	1,18
Sin panela (snacks moneditas de maduro)	0,226	0,254	0,487	0,548	0,689	0,775
% disminución (snacks patatas fritas)	55,6		46,5		41,2	
% disminución (snacks moneditas de maduro)	76,5		60,2		51,7	

Los valores obtenidos a intensidad de tratamiento culinario bajo y considerando moneditas de maduros como alimento en paquete, oscilan entre 0,47-0,48 $\mu\text{g}/\text{kg}/\text{día}$ para niños/as de 1 a 4 años a 0,23-0,25 $\mu\text{g}/\text{kg}/\text{día}$ para adultos, valores próximos a los obtenidos para la población europea (EFSA, 2015). Cuando la intensidad de tratamiento culinario es alta y en el peor escenario (patatas fritas chips vs moneditas e maduro) la ingesta se mantiene dentro de lo indicado en las referencias bibliográficas para los adultos (1,05-1,18 $\mu\text{g}/\text{kg}/\text{día}$) pero no así para niños (4,40-4,43 $\mu\text{g}/\text{kg}/\text{día}$) (EFSA, 2015).

La contribución que los distintos alimentos aportan a la ingesta de acrilamida si no consideramos la panela para los niños entre 1-4 años y para adultos (18 a 64 años) teniendo en cuenta los niveles de intensidad culinaria bajo y alto, y considerando que los alimentos empaquetados son patatas fritas snacks se muestran en las figuras 3.31-3.34 y en las figuras 3.35-3.38 si consideramos que los alimentos en paquete son moneditas de maduro.

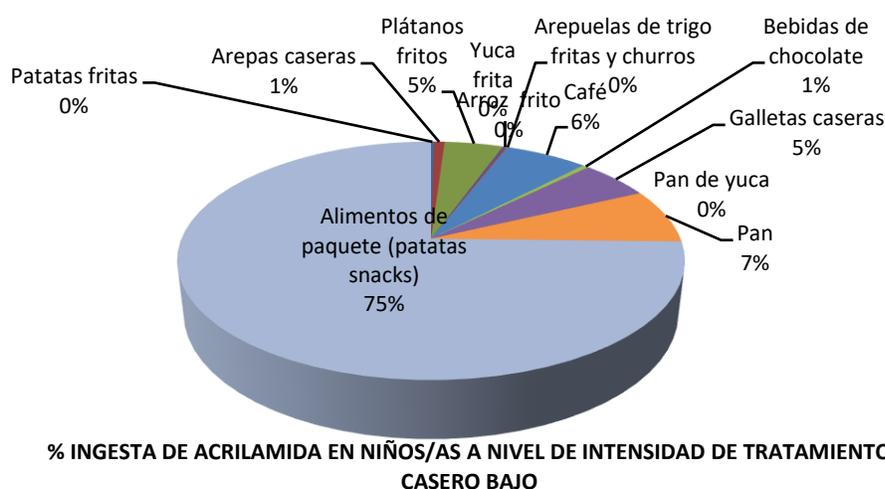


Figura 3.31.- Contribución de los alimentos procesados con bajo tratamiento térmico a la ingesta de acrilamida en niños/as de 1-4 años, considerando los alimentos de paquete como patatas fritas snacks y eliminando la panela.

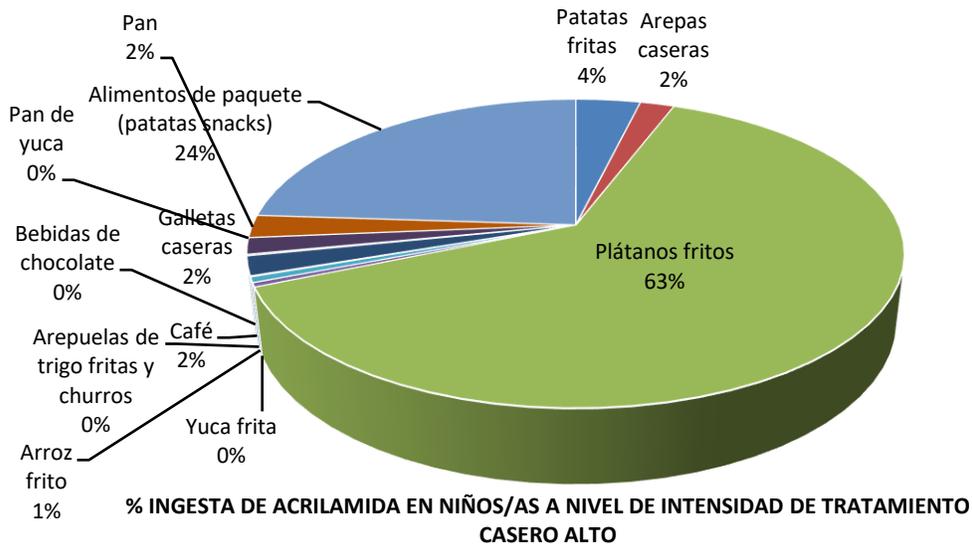


Figura 3.32.- Contribución de los alimentos procesados con alto tratamiento térmico a la ingesta de acrilamida en niños/as de 1-4 años, considerando los alimentos de paquete como patatas fritas snacks y eliminando la panela

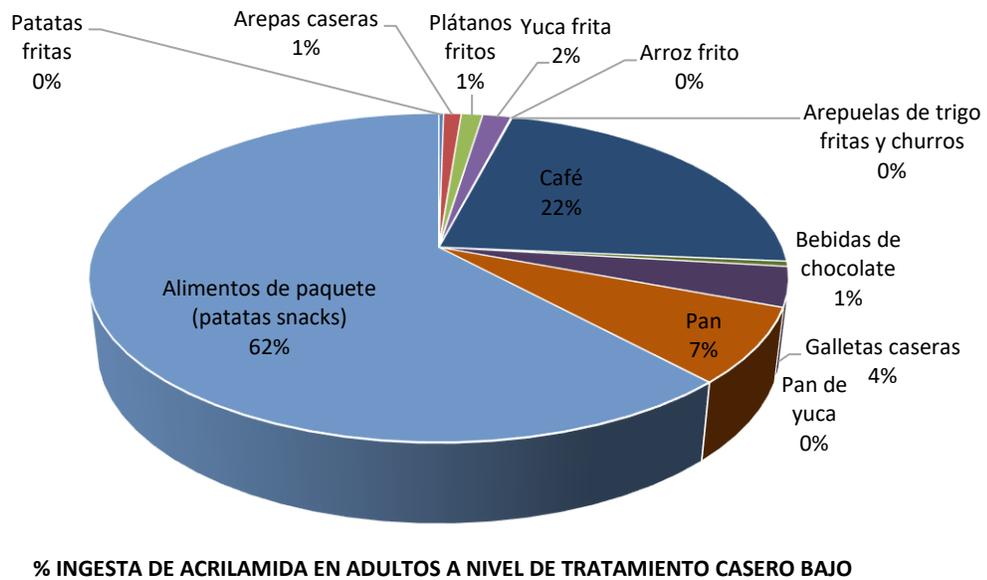


Figura 3.33.- Contribución de los alimentos procesados con bajo tratamiento térmico a la ingesta de acrilamida en adultos, considerando los alimentos de paquete como patatas fritas snacks y eliminando la panela

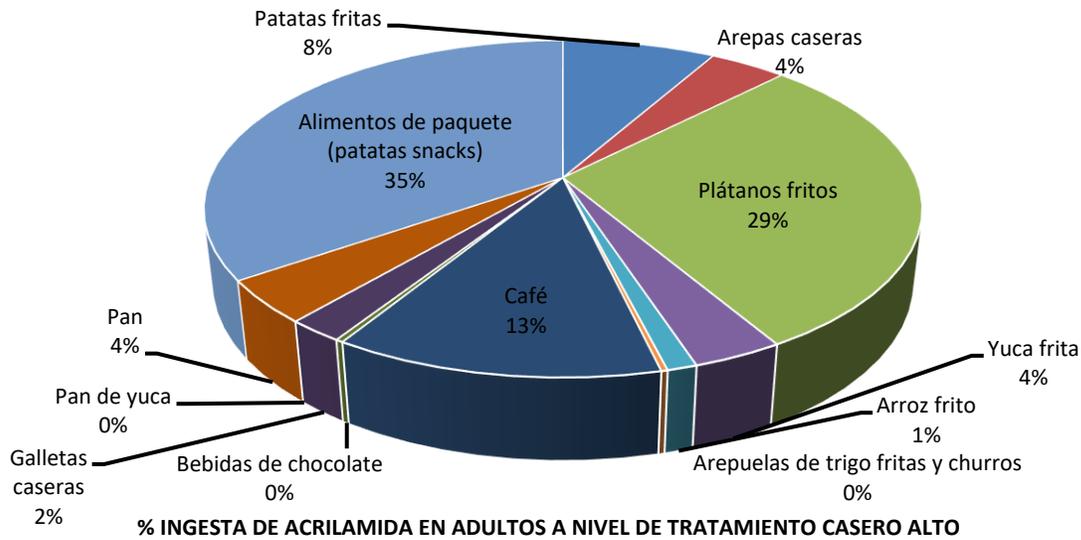


Figura 3.34.- Contribución de los alimentos procesados con alto tratamiento térmico a la ingesta de acrilamida en adultos, considerando los alimentos de paquete como patatas fritas snacks y eliminado la panela

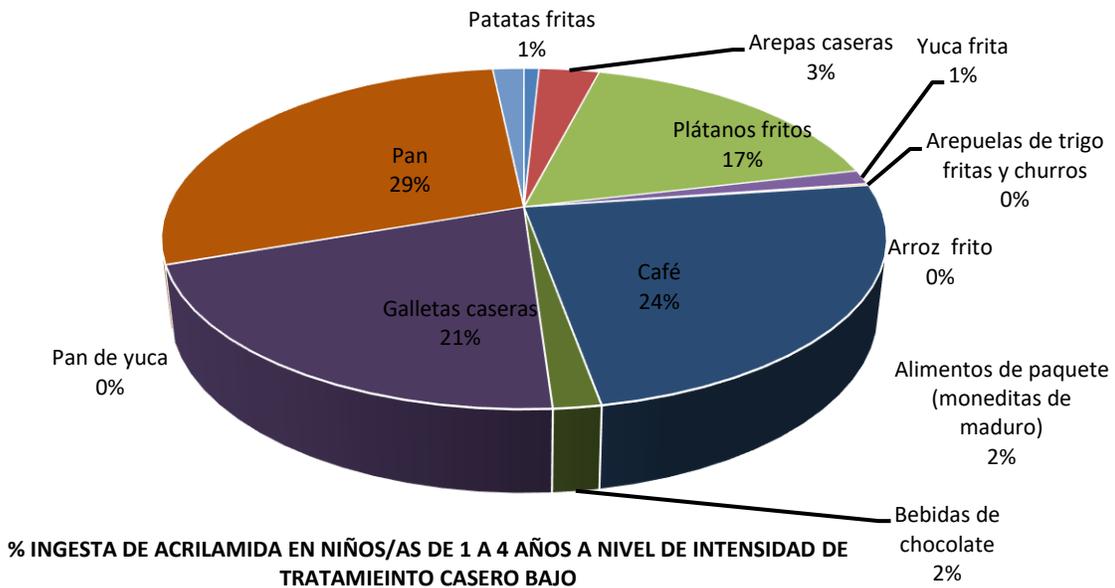
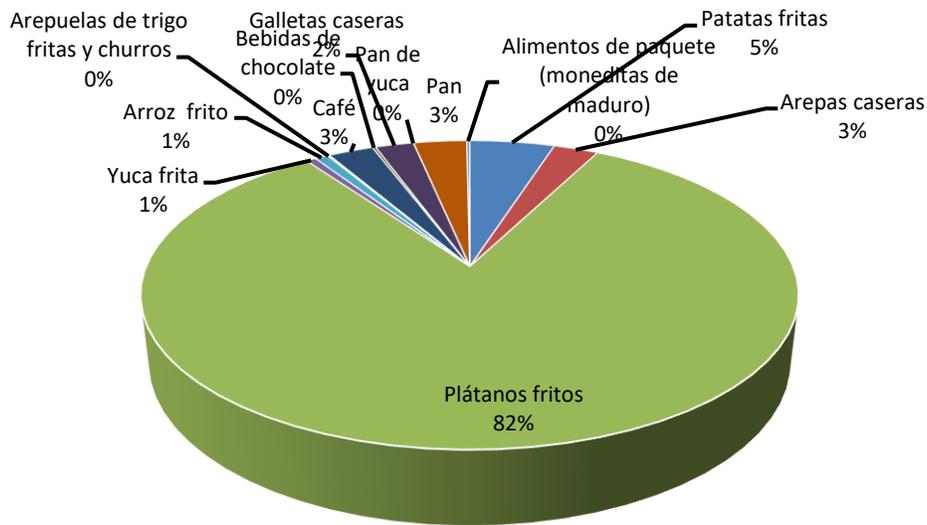
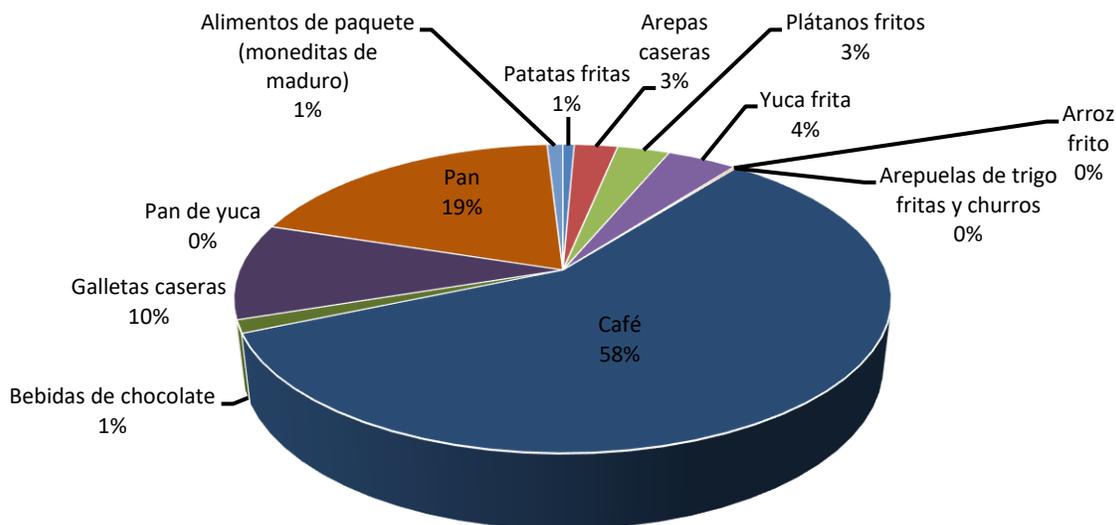


Figura 3.35.- Contribución de los alimentos procesados con bajo tratamiento térmico a la ingesta de acrilamida en niños/as de 1-4 años considerando los alimentos de paquete como moneditas de maduro y eliminando la panela.



% INGESTA DE ACRILAMIDA EN NIÑOS/AS DE 1 A 4 AÑOS A NIVEL DE INTENSIDAD DE TRATAMIENTO CASERO ALTO

Figura 3.36.- Contribución de los alimentos procesados con alto tratamiento térmico a la ingesta de acrilamida en niños/as de 1-4 años considerando los alimentos de paquete como moneditas de maduro y eliminando la panela



% INGESTA DE ACRILAMIDA EN ADULTOS A NIVEL DE INTENSIDAD DE TRATAMIENTO CASERO BAJO

Figura 3.37.- Contribución de los alimentos procesados con bajo tratamiento térmico a la ingesta de acrilamida en adultos considerando los alimentos de paquete como moneditas de maduro y eliminando la panela

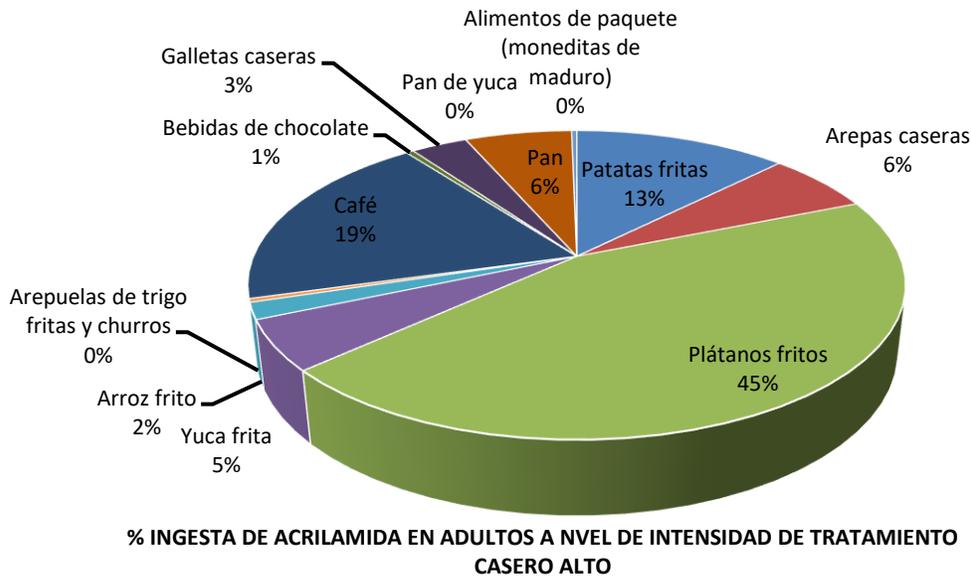


Figura 3.38.- Contribución de los alimentos procesados con alto tratamiento térmico a la ingesta de acrilamida en adultos considerando los alimentos de paquete como moneditas de maduro y eliminando la panela.

Como podemos observar, la contribución de los alimentos en paquete, cuando se igualan a patatas chips es muy elevada cuando la intensidad de tratamiento térmico culinario es baja (figura 3.31 y figura 3.33) e influye notablemente en la ingesta, expresada en microgramos/kg/día en los niños por su menor peso (tabla 3.54). Cuando la intensidad de tratamiento culinario es alta disminuye la contribución de los alimentos en paquete (patatas fritas chips) y se incrementa notablemente el de plátanos fritos para niños (63%) y para adultos (29%) y en menor medida el de las patatas fritas (figuras 3.32 y 3.34).

Si consideramos los alimentos en paquete como moneditas de maduro son el pan, las galletas caseras, el café y los plátanos fritos los que contribuyen casi por igual a la ingesta de acrilamida en niños cuando la intensidad de procesado casero es baja (figura 3.35) y en adultos el café con aproximadamente el 58% es el que más contribuye (figura 3.37). Si la intensidad de tratamiento térmico casero aumenta son los plátanos fritos en niños con un 82% el alimento que más contribuye a la ingesta de acrilamida (figura 3.36) y en adultos, junto con los plátanos fritos (45%), el café (19%) y las patatas fritas (13%) (figura 3.38).

La variación tan grande en los valores de ingesta de acrilamida teniendo en cuenta el consumo de panela o no (tabla 3.54) hace que el riesgo, expresado como MOE, varíe sobre todo cuando la intensidad de tratamiento térmico es baja (tablas 3.55 a 3.58).

Tabla 3.55.- MOE para efectos neoplásicos considerando los datos de ENSIN (2015) y cálculos realizados en la base de datos considerando alimentos en paquete como snacks de patatas fritas y excluyendo el consumo de panela

	1 a 4 años	5 a 12 años	13 a 17 años	Adultos 18 a 64
Intensidad baja				
MOE (niñas-mujeres)	91,1	137	212	257
MOE (niños-hombres)	93,8	140	203	289
Intensidad media				
MOE (niñas-mujeres)	36,1	61,3	122	178
MOE (niños-hombres)	37,2	62,9	116	200
Intensidad alta				
MOE (niñas-mujeres)	29,2	49,6	94,4	144
MOE (niños-hombres)	30,1	50,8	90,3	162

Tabla 3.56.- MOE para efectos neurotóxicos considerando los datos de ENSIN (2015) y cálculos realizados en la base de datos considerando alimentos en paquete como snacks de patatas fritas y excluyendo el consumo de panela

	1 a 4 años	5 a 12 años	13 a 17 años	Adultos 18 a 64
Intensidad baja				
MOE (niñas-mujeres)	230	355	537	651
MOE (niños-hombres)	237	346	513	732
Intensidad media				
MOE (niñas-mujeres)	91,3	159	308	450
MOE (niños-hombres)	94,0	155	294	507
Intensidad alta				
MOE (niñas-mujeres)	74,0	129	239	364
MOE (niños-hombres)	76,2	125	228	409

Tabla 3.57.- MOE para efectos neoplásicos considerando los datos de ENSIN (2015) y cálculos realizados en la base de datos considerando alimentos en paquete como moneditas de maduro y excluyendo el consumo de panela.

	1 a 4 años	5 a 12 años	13 a 17 años	Adultos 18 a 64
Intensidad baja				
MOE (niñas-mujeres)	353	394	573	669
MOE (niños-hombres)	363	404	547	752
Intensidad media				
MOE (niñas-mujeres)	51,1	86,6	191	310
MOE (niños-hombres)	52,6	88,8	182	349
Intensidad alta				
MOE (niñas-mujeres)	38,4	64,9	131	219
MOE (niños-hombres)	39,5	66,6	125	248

Tabla 3.58.- MOE para efectos neurotóxicos considerando los datos de ENSIN (2015) y cálculos realizados en la base de datos considerando alimentos en paquete como moneditas de maduro fritas y excluyendo el consumo de panela

	1 a 4 años	5 a 12 años	13 a 17 años	Adultos 18 a 64
Intensidad baja				
MOE (niñas-mujeres)	893	997	1448	1692
MOE (niños-hombres)	919	1022	1348	1902
Intensidad media				
MOE (niñas-mujeres)	129	219	482	784
MOE (niños-hombres)	133	225	461	882
Intensidad alta				
MOE (niñas-mujeres)	97,1	164	332	555
MOE (niños-hombres)	100	168	317	624

Los valores de MOE para los efectos neoplásicos oscilaron entre 29,2 para el grupo de niñas de 1-4 años e intensidad de procesado culinario alta y 289 para el grupo de hombres adultos e intensidad de procesado culinario bajo (tabla 3.55) y considerando el consumo de alimentos en paquete como si fueran patatas fritas chips. Los valores de MOE obtenidos se elevan para los mismos grupos e intensidades de tratamiento a 38,4 y 752 respectivamente, pero considerando que el consumo de alimentos en paquete fueran moneditas de maduro (tabla 3.57). Los incrementos en los valores de MOE, cuando no se considera el consumo de panela, oscilaron entre 1,6, suponiendo que los alimentos en paquete son patatas fritas chips y a nivel de intensidad de procesado casero alto y 2,8 cuando el procesado casero es bajo. Si consideramos moneditas de maduro en vez de patatas fritas chips dentro de los alimentos en paquete el incremento de MOE es de 1,8 veces a intensidad de tratamiento casero alto a 8 cuando la intensidad del tratamiento culinario es baja.

Los datos obtenidos a nivel de intensidad de tratamiento casero bajo y considerando las patatas fritas snacks como alimentos de paquete se asemejan a los valores medios obtenidos para la población europea en el peor de los escenarios (EFSA, 2015), también son semejantes a los obtenidos con el nivel de intensidad medio cuando se considera moneditas de maduro. Los valores a niveles de MOE cuando se consideran un tratamiento casero bajo y moneditas de maduro son iguales o incluso más altos que los reportados por Molina *et al.*, (2016) para la población española o los de Nematollahi *et al.*(2020) para la población de Teherán (Irán). Aunque los valores de MOE son inferiores cuando se excluye la panela el riesgo de efecto neoplásico permanece al tener valores inferiores a 10.000.

Los valores de MOE para neurotoxicidad oscilaron entre 74,0 para niñas de 1-4 años e intensidad de tratamiento culinario alto y 732 para hombres adultos de 18 a 64 años y consumo de alimentos de baja intensidad de tratamiento culinario y considerando que el consumo de alimentos en paquete se debe exclusivamente a patatas fritas chips (tabla 3.56). Estos valores se elevan hasta 97,1 y 1902 si se considera el consumo de moneditas de maduro en vez de patatas fritas chips para los alimentos empacados (tabla 3.58). Como ocurre para los efectos neoplásicos los valores obtenidos para la

neurotoxicidad se asemejan a los de la bibliografía (EFSA, 2015, Molina *et al*, 2016, Nematollahi *et al*. 2020).

Considerando que un valor de MOE superior a 125 no presenta riesgos para efectos no neoplásicos se circunscribe este riesgo, aunque se excluya la panela, a niños de 1-4 años con procesado casero de alimentos a intensidades altas y media y solo si consideramos los alimentos en paquete como patatas fritas chips.

Los valores de acrilamida en la panela utilizados para los cálculos de la ingesta, como ya se ha comentado, son los obtenidos en nuestros análisis (628 µg/kg), estos valores están en el rango medio de acrilamida aportado por INVIMA (2018) que fueron de 817 µg/kg, los aportados por Barón *et al* (2021) que fueron 521 µg/kg y los recogidos por Gómez-Narváez *et al.*, (2019) que fueron de 540 µg/kg para la panela en bloque y 812 µg/kg para la panela granulada. Aunque se han encontrado valores de acrilamida en panela de 30 µg/kg la mediana de la mayoría de los estudios están alrededor de 600 µg/kg. A tenor de los resultados sería necesaria una disminución del consumo de panela sobre todo en niños y/o una modificación en su elaboración y/o una selección de la materia prima utilizada para su elaboración.

III.3.3.9.2.-Ingesta de acrilamida solo consumidores

La ingesta de acrilamida, así como el riesgo de toxicidad estimado como MOE se ha realizado con los valores medios de consumo del conjunto de la población colombiana recogidos en la encuesta ENSIN (2015).

Las tablas 3.59 y 3.60 muestran los valores medios, mediana y percentil 95, solamente de la población consumidora, a partir de la base de datos (ENSIN, 2015) y utilizando los datos de consumo de alimentos obtenidos de dos encuestas de recordatorios de 24H que presentaba un tamaño muestral de 4127 individuos [268 <1año; 894 (1-4 años); 719 (5-a12 años); 782 (13-17 años) y 1464 (18-64 años)] y los valores de acrilamida a 3 niveles de intensidad culinaria de alimentos similares a los analizados en este trabajo.

Tabla 3.59.- Ingesta de acrilamida en microgramos/kg/día por alimentos para población consumidora a tres niveles de intensidad de tratamiento culinario y según grupos de edad

Preparaciones/ Alimento	Edad (años)	Intensidad 1			Intensidad 2			Intensidad 3		
		Media	Mediana	P95	Media	Mediana	P95	Media	Mediana	P95
Papa frita (otras: sabanera, capiro)	1-4	0,120	0,0461	0,449	0,654	0,252	2,46	3,57	1,38	13,4
	5-12	0,0624	0,0284	0,220	0,341	0,155	1,21	1,86	0,847	6,58
	13-17	0,0442	0,0157	0,166	0,242	0,0862	0,911	1,32	0,470	4,97
	18-65	0,0278	0,0122	0,094	0,152	0,0666	0,517	0,831	0,364	2,82
Papa criolla frita	1-4	0,0	0,0	0,0	0,126	0,0852	-	0,255	0,173	-
	5-12	0,0	0,0	0,0	0,0802	0,0855	-	0,162	0,173	-
	13-17	0,0	0,0	0,0	0,109	0,0713	-	0,221	0,144	-
	18-65	0,0	0,0	0,0	0,0593	0,0551	0,164	0,120	0,112	0,331
	1-4	0,0	0,0	0,0	0,552	0,592	-	5,28	5,67	-

		Intensidad 1			Intensidad 2			Intensidad 3		
		Media	Mediana	P95	Media	Mediana	P95	Media	Mediana	P95
Papa pastusa frita	5-12	0,0	0,0	0,0	0,274	0,273	-	2,63	2,61	-
	13-17	0,0	0,0	0,0	0,192	0,203	-	1,84	1,94	-
	18-65	0,0	0,0	0,0	0,134	0,132	-	1,28	1,26	-
Papas precocidas frita	1-4	0,105	0,105	0,105	0,555	0,555	0,555	2,58	2,58	2,58
	5-12	0,0643	0,0482	-	0,342	0,256	-	1,59	1,19	-
	13-17	0,0777	0,0535	-	0,413	0,284	-	1,92	1,32	-
	18-65	0,0259	0,0207	0,0745	0,138	0,110	0,396	0,640	0,511	1,84
Arepas caseras	1-4	0,0101	0,00752	0,0293	0,0259	0,0194	0,0755	0,0757	0,0566	0,221
	5-12	0,00742	0,00557	0,0200	0,0191	0,0143	0,0516	0,0559	0,0419	0,151
	13-17	0,00561	0,00462	0,0132	0,0145	0,0119	0,0340	0,0423	0,0348	0,0994
	18-65	0,00303	0,00239	0,0090	0,00779	0,00615	0,0232	0,0228	0,0180	0,0679
Plátano verde frito (atacón, chips)	1-4	0,0911	0,0677	0,272	3,13	2,33	9,34	3,99	2,96	11,9
	5-12	0,0521	0,0429	0,135	1,79	1,47	4,64	2,28	1,88	5,91
	13-17	0,0418	0,0357	0,119	1,43	1,23	4,10	1,83	1,56	5,22
	18-65	0,0305	0,0230	0,0808	1,05	0,792	2,77	1,33	1,01	3,53
Plátano maduro (atacón, chips)	1-4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0165	0,00805	0,0579
	5-12	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,00884	0,00485	0,0267
	13-17	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,00597	0,00345	0,0222
	18-65	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,00504	0,00222	0,0172
Yuca (yuca frita, masas de yuca frita)	1-4	0,0320	0,0227	0,0595	0,0564	0,0400	0,105	0,126	0,0890	0,233
	5-12	0,0228	0,0209	0,0431	0,0403	0,0369	0,0759	0,0896	0,0821	0,169
	13-17	0,0154	0,0148	0,0351	0,0272	0,0261	0,0619	0,0605	0,0580	0,138
	18-65	0,0125	0,0118	0,0294	0,0220	0,0208	0,0519	0,0489	0,0462	0,115
Arepuelas de trigo fritas, churro	1-4	0,0464	0,0414	-	0,118	0,105	-	0,287	0,256	-
	5-12	0,0242	0,0191	-	0,0612	0,0484	-	0,149	0,118	-
	13-17	0,0176	0,0134	-	0,0447	0,0339	-	0,109	0,0828	-
	18-65	0,0110	0,0085	-	0,0279	0,0216	-	0,068	0,0528	-
Café (infusión de café)	1-4	0,0910	0,0740	0,247	-	-	-	-	-	-
	5-12	0,0952	0,0712	0,217	-	-	-	-	-	-
	13-17	0,0722	0,0632	0,146	-	-	-	-	-	-
	18-65	0,0687	0,0611	0,142	-	-	-	-	-	-
Panela	1-4	3,07	1,24	11,0	-	-	-	-	-	-
	5-12	1,87	0,762	6,34	-	-	-	-	-	-
	13-17	1,80	1,76	4,06	-	-	-	-	-	-
	18-65	1,09	0,489	2,88	-	-	-	-	-	-
Chocolate	1-4	0,152	0,0704	0,777	-	-	-	-	-	-
	5-12	0,0852	0,0506	0,376	-	-	-	-	-	-
	13-17	0,0571	0,0410	0,244	-	-	-	-	-	-
	18-65	0,102	0,0306	0,454	-	-	-	-	-	-
Galleta caseras	1-4	0,0694	0,0505	0,160	-	-	-	-	-	-
	5-12	0,0478	0,0466	0,120	-	-	-	-	-	-
	13-17	0,0335	0,0267	0,0576	-	-	-	-	-	-
	18-65	0,0207	0,127	0,0444	-	-	-	-	-	-
Pan de yuca (pandeyuca, pandebono)	1-4	0,016706	0,015232	0,06338	0,0178	0,0162	0,0676	0,0294	0,0268	0,1116
	5-12	0,01492	0,015683502	-	0,0159	0,0167	-	0,0263	0,0276	-

		Intensidad 1			Intensidad 2			Intensidad 3		
		Media	Mediana	P95	Media	Mediana	P95	Media	Mediana	P95
	13-17	0,010252	0,023403 185	-	0,0109	0,0104	-	0,0180	0,0172	-
	18-65	0,004861	0,016962 659	0,0102 8	0,0051 8	0,0181	0,0110	0,0085 6	0,00597	0,018 1

Tabla 3.60.- Ingesta de acrilamida en microgramos/kg/día para población consumidora a tres niveles de intensidad de tratamiento culinario y según grupos de edad

EDAD	Intensidad 1			Intensidad 2			Intensidad 3		
	Media	Mediana	P95	Media	Mediana	P95	Media	Mediana	P95
1-4	3,80	1,74	13,2	8,62	5,43	24,8	19,6	14,6	40,7
5-12	2,35	1,11	7,47	5,06	3,29	13,0	10,9	7,90	20,1
13-17	2,18	2,05	4,84	4,45	3,85	9,61	9,33	7,52	15,0
18-65	1,40	0,80	3,82	2,88	1,93	7,45	5,64	4,09	12,3

El incremento medio de la ingesta entre los consumidores más altos (P95) y la mediana de la población (P50) oscila entre 2,6 para un nivel de intensidad de tratamiento culinario alto a 5,3 cuando la intensidad es baja. Un gran consumidor puede tener hasta un incremento en la ingesta promedio de 2,6 veces si pasa de la intensidad de cocinado 1 a la 2 y de hasta 6,1 si pasa de la intensidad de cocinado baja (intensidad 1) a la alta (intensidad 3).

Los valores de ingesta medios obtenidos para los cuatro grupos de población consumidora se incrementaron con respecto a la población total en 1,32 veces si se considera la preparación culinaria a nivel térmico bajo, 1,84 para el nivel medio y 3,27 cuando la intensidad del tratamiento culinario es alta. Hay que indicar que para la población total se ha considerado el consumo de alimentos en paquete como si fueran moneditas de maduro y que en la población consumidora no se ha tenido en cuenta el consumo de pan.

Si consideramos los valores de la mediana (P50) para los consumidores (tabla 3.60) y los comparamos con los obtenidos para la población europea (EFSA, 2015), la ingesta de la población consumidora colombiana es de 2,7 veces más para los niños de 1 a 4 años, 1,66 veces para los de 5 a 12 años, 1,8 veces para los adolescentes (13-17 años) y 2 veces más para los adultos.

A intensidad de tratamiento culinario bajo y en todos los grupos de edad de la población consumidora, la panela es el alimento que cubre la mayor parte de la ingesta de acrilamida, entre el 61% y el 86% del total tanto considerando los valores medios, como la mediana y los valores del P95 (tablas 3.61 a 3.64). A este nivel de intensidad bajo, el segundo alimento es más variable siendo para los valores de la mediana las patatas precocidas fritas para niños de 1-4 años con un 6%, el café para niños de 5 a 12 años y adolescentes con un 6,45 y 3,1% respectivamente y las galleta en adultos con un 15,5%.

A intensidad de tratamiento culinario medio y para los valores obtenidos con la mediana, el primer alimento es el plátano verde frito para todos los grupos de población, excepto para los adolescentes

en que ocupa el segundo lugar siendo el plátano el segundo. Entre ambos alimentos el porcentaje que cubren de la ingesta total está entre el 60% y el 80% según grupo de edad (tablas 3.61 a 3.64).

A intensidad de tratamiento térmico alta son las patatas las que ocupan el primer lugar pasando los plátanos fritos a segundo lugar, a esta intensidad la panela no está entre los tres alimentos que más acrilamida aportan a la dieta, excepto en adolescentes. Si consideramos los valores de P95 la panela vuelve a estar entre los tres alimentos que más acrilamida aportan a los mayores consumidores de entre todos los consumidores (tablas 3.61 a 3.64).

Tabla 3.61.- Porcentaje del total de la ingesta de acrilamida y lugar que ocupa para niños consumidores de 1-4 años*

	Intensidad 1			Intensidad 2			Intensidad 3		
	Media (Posición)	Mediana (Posición)	P95 (Posición)	Media (Posición)	Mediana (Posición)	P95 (Posición)	Media (Posición)	Mediana (Posición)	P95 (Posición)
Preparaciones/ Alimento									
Panela	80,7 (1)	71,2 (1)	83,6 (1)	35,6 (2)	22,8 (2)	44,4 (1)	15,7 (4)	8,4 (5)	27,0 (3)
Café (infusión de café)	2,4 (6)	4,3 (3)	1,9 (5)	1,1 (9)	1,4 (8)	1,0 (6)	0,5 (10)	0,5 (9)	0,6 (6)
Chocolate	4,0 (2)	4,1 (4)	5,9 (2)	1,8 (6)	1,3 (9)	3,1 (4)	0,8 (8)	0,5 (10)	1,9 (5)
Papas precocidas frita	2,7 (4)	6,0 (2)	0,8 (7)	6,4 (4)	10,2 (4)	2,2 (5)	13,2 (5)	17,6 (3)	6,3 (4)
Papa frita (otras: sabanera, capiro)	3,1 (3)	2,7 (7)	3,4 (3)	7,6 (3)	4,7 (5)	9,9 (3)	18,2 (3)	9,4 (4)	33,0 (1)
Plátano verde frito (patacón, chips)	2,4 (5)	3,9 (5)	2,1 (4)	36,3 (1)	42,9 (1)	37,7 (2)	20,3 (2)	20,2 (2)	29,2 (2)
Galleta (elaborada en casa)	1,8 (7)	2,9 (6)	1,2 (6)	0,8 (10)	0,9 (10)	0,6 (7)	0,4 (12)	0,3 (12)	0,4 (9)
Arepuelas de trigo fritas, churros	1,2 (8)	2,4 (8)	0,0	1,4 (8)	1,9 (6)	0,0	1,5 (6)	1,8 (6)	0,0
yuca (yuca frita, masas de yuca frita)	0,8 (9)	1,3 (9)	0,5 (9)	0,7 (11)	0,7 (11)	0,4 (8)	0,6 (9)	0,6 (8)	0,6 (7)
Pan de yuca (pandeyuca, pandebono)	0,4 (10)	0,9 (10)	0,5 (8)	0,2 (13)	0,3 (13)	0,3 (10)	0,2 (13)	0,2 (13)	0,3 (10)
Arepas (todas elaboradas en casa)	0,3 (11)	0,4 (11)	0,2 (10)	0,3 (12)	0,4 (12)	0,3 (9)	0,4 (11)	0,4 (11)	0,5 (8)
Papa criolla frita	0	0	0	1,5 (7)	1,6 (7)	0,0	1,3 (7)	1,2 (7)	0,0
Papa pastusa frita	0	0	0	6,4 (5)	10,9 (3)	0,0	27,0 (1)	38,7 (1)	0,0
Plátano maduro (patacón, chips)	0	0	0	0		0,0	0,1 (14)	0,1 (14)	0,1 (11)

* 1^{er} lugar (color verde), 2^o lugar (color rojo), 3^{er} lugar (color amarillo)

Tabla 3.62.- Porcentaje del total de la ingesta de acrilamida y lugar que ocupa para niños consumidores de 5 a 12 años*

	Intensidad 1			Intensidad 2			Intensidad 3		
	Media (Posición)	Mediana (Posición)	P95 (Posición)	Media (Posición)	Mediana (Posición)	P95 (Posición)	Media (Posición)	Mediana (Posición)	P95 (Posición)
Preparaciones/Alimento									
Panela	80 (1)	69 (1)	84,8 (1)	37,0 (1)	23,1 (2)	48,6 (1)	17,1 (3)	9,63 (5)	31,9 (2)
Café (infusión de café)	4,1 (2)	6,41 (2)	2,91 (4)	1,88 (6)	2,16 (7)	1,67 (5)	0,87 (8)	0,90 (9)	1,1 (5)
Chocolate	3,6 (3)	4,6 (3)	5,04 (2)	1,68 (7)	1,54 (8)	2,89 (4)	0,78 (10)	0,64 (10)	1,9 (4)
Papas precocidas frita	2,7 (4)	4,3 (4)		6,75 (3)	7,78 (4)		14,51 (5)	15,06 (3)	
Papa frita (otras: sabanera, capiro)	2,7 (5)	2,6 (7)	2,95 (3)	6,74 (4)	4,72 (5)	9,26 (3)	17,02 (4)	10,72 (4)	33,1 (1)
Plátano verde frito (patacón, chips)	2,2 (6)	3,9 (6)	1,81 (5)	35,4 (2)	44,8 (1)	35,6 (2)	20,82 (2)	23,75 (2)	29,7 (3)
Galleta (elaborada en casa)	2,0 (7)	4,2 (5)	1,61 (6)	0,943 (10)	1,42 (10)	0,92 (6)	0,436 (12)	0,59 (11)	0,6 (8)
Arepuelas de trigo fritas, churros	1,0 (8)	1,7 (9)		1,21 (9)	1,47 (9)		1,36 (7)	1,49 (7)	
yuca (yuca frita, masas de yuca frita)	1,0 (9)	1,9 (8)	0,58 (7)	0,795 (11)	1,12 (11)	0,58 (7)	0,82 (9)	1,04 (8)	0,8 (6)
Pan de yuca (pandeyuca, pandebono)	0,6 (10)	1,4 (10)		0,314 (13)	0,508 (12)		0,240 (13)	0,35 (13)	
Arepas (todas elaboradas en casa)	0,3 (11)	0,5 (11)	0,27 (8)	0,377 (12)	0,436 (13)	0,40 (8)	0,510 (11)	0,53 (12)	0,8 (7)
Papa criolla frita	0	0	0	1,58 (8)	2,60 (6)		1,48 (6)	2,19 (6)	
Papa pastusa frita	0	0	0	5,42 (5)	8,30 (3)		24,0 (1)	33,06 (1)	
Plátano maduro (patacón, chips)	0	0	0	0 (14)	0	0	0,0807 (14)	0,06 (14)	0,1 (9)

* 1^{er} lugar (color verde), 2^o lugar (color rojo), 3^{er} lugar (color amarillo)

Tabla 3.63.- Porcentaje del total de la ingesta de acrilamida y lugar que ocupa para adolescentes consumidores de 13 a 17 años*

	Intensidad 1			Intensidad 2			Intensidad 3		
	Media (Posición)	Mediana (Posición)	P95 (Posición)	Media (Posición)	Mediana (Posición)	P95 (Posición)	Media (Posición)	Mediana (Posición)	P95 (Posición)
Preparaciones/Alimento									
Panela	82,8 (1)	85,8 (1)	83,9 (1)	40,5 (1)	45,8 (1)	42,2 (2)	19,3 (4)	23,4 (2)	27,1 (3)
Café (infusión de café)	3,3 (3)	3,1 (2)	3,0 (4)	1,6 (7)	1,6 (7)	1,5 (5)	0,8 (8)	0,8 (8)	1,0 (5)
Chocolate	2,6 (4)	2,0 (4)	5,0 (2)	1,3 (8)	1,1 (8)	2,5 (4)	0,6 (10)	0,5 (10)	1,6 (4)
Papas precocidas frita	3,6 (2)	2,6 (3)	0,0	9,3 (3)	7,4 (3)	0,0	20,6 (1)	17,6 (4)	0,0
Papa frita (otras: sabanera, capiro)	2,0 (5)	0,8 (8)	3,4 (3)	5,4 (4)	2,2 (5)	9,5 (3)	14,2 (5)	6,2 (5)	33,2 (2)
Plátano verde frito (patacón, chips)	1,9 (6)	1,7 (5)	2,5 (5)	32,2 (2)	31,9 (2)	42,7 (1)	19,6 (3)	20,8 (3)	34,9 (1)
Galleta (elaborada en casa)	1,5 (7)	1,3 (6)	1,2 (6)	0,8 (10)	0,7 (10)	0,6 (7)	0,4 (12)	0,4 (12)	0,4 (8)
Arepuelas de trigo fritas, churros	0,8 (8)	0,7 (10)	0,0	1,0 (9)	0,9 (9)	0,0	1,2 (7)	1,1 (7)	0,0
yuca (yuca frita, masas de yuca frita)	0,7 (9)	0,7 (9)	0,7 (7)	0,6 (11)	0,7 (11)	0,6 (6)	0,6 (9)	0,8 (9)	0,9 (6)
Pan de yuca (pandeyuca, pandebono)	0,5 (10)	1,1 (7)	0,0	0,2 (13)	0,3 (13)	0,0	0,2 (13)	0,2 (13)	0,0
Arepas (todas elaboradas en casa)	0,3 (11)	0,2 (11)	0,3 (8)	0,3 (12)	0,3 (12)	0,4 (8)	0,5 (11)	0,5 (11)	0,7 (7)
Papa criolla frita	0,0	0,0	0,0	2,5 (6)	1,9 (6)	0,0	2,4 (6)	1,9 (6)	0,0
Papa pastusa frita	0,0	0,0	0,0	4,3 (5)	5,3 (4)	0,0	19,7 (2)	25,8 (1)	0,0
Plátano maduro (patacón, chips)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1 (14)	0,0 (14)	0,1 (9)

* 1^{er} lugar (color verde), 2^o lugar (color rojo), 3^{er} lugar (color amarillo)

Tabla 3.64.- Porcentaje del total de la ingesta de acrilamida y lugar que ocupa para adultos consumidores de 18 a 65 años*

	Intensidad 1			Intensidad 2			Intensidad 3		
	Media (Posición)	Mediana (Posición)	P95 (Posición)	Media (Posición)	Mediana (Posición)	P95 (Posición)	Media (Posición)	Mediana (Posición)	P95 (Posición)
Preparaciones/ Alimento									
Panela	78,1 (1)	60,9 (1)	75,4 (1)	38,0 (1)	25,4 (2)	38,6 (1)	19,4 (3)	12,0 (4)	23,5 (2)
Café (infusión de café)	4,9 (3)	7,6 (3)	3,7 (3)	2,4 (7)	3,2 (7)	1,9 (7)	1,2 (8)	1,5 (8)	1,2 (7)
Chocolate	7,3 (2)	3,8 (4)	11,9 (2)	3,5 (6)	1,6 (9)	6,1 (4)	1,8 (7)	0,7 (11)	3,7 (5)
Papas precocidas frita	1,9 (6)	2,6 (6)	2,0 (6)	4,8 (4)	5,7 (5)	5,3 (5)	11,3 (5)	12,5 (3)	15,0 (4)
Papa frita (otras: sabanera, capiro)	2,0 (5)	1,5 (8)	2,5 (4)	5,3 (3)	3,5 (6)	6,9 (3)	14,7 (4)	8,9 (5)	23,0 (3)
Plátano verde frito (patacón, chips)	2,2 (4)	2,9 (5)	2,1 (5)	36,4 (2)	41,0 (1)	37,2 (2)	23,6 (1)	24,6 (2)	28,8 (1)
Galleta (elaborada en casa)	1,5 (7)	15,8 (2)	1,2 (7)	0,7 (11)	6,6 (4)	0,6 (9)	0,4 (12)	3,1 (6)	0,4 (10)
Arepuelas de trigo fritas, churros	0,8 (9)	1,1 (10)	0,0	1,0 (9)	1,1 (10)	0,0	1,2 (9)	1,3 (9)	0,0
yuca (yuca frita, masas de yuca frita)	0,9 (8)	1,5 (9)	0,8 (8)	0,8 (10)	1,1 (11)	0,7 (8)	0,9 (10)	1,1 (10)	0,9 (8)
Pan de yuca (pandeyuca, pandebono)	0,3 (10)	2,1 (7)	0,3 (9)	0,2 (13)	0,9 (12)	0,1 (11)	0,2 (13)	0,1 (13)	0,1 (11)
Arepas (todas elaboradas en casa)	0,2 (11)	0,3 (11)	0,2 (10)	0,3 (12)	0,3 (13)	0,3 (10)	0,4 (11)	0,4 (12)	0,6 (9)
Papa criolla frita	0,0	0,0	0,0	2,1 (8)	2,9 (8)	2,2 (6)	2,1 (6)	2,7 (7)	2,7 (6)
Papa pastusa frita	0,0	0,0	0,0	4,6 (5)	6,8 (3)	0,0	22,7 (2)	30,9 (1)	0,0
Plátano maduro (patacón, chips)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1 (14)	0,1 (14)	0,1 (12)

* 1^{er} lugar (color verde), 2^o lugar (color rojo), 3^{er} lugar (color amarillo)

Como podemos observar la recomendación sería reducir la intensidad del tratamiento térmico del plátano inmaduro ya que de contribuir con menos de un 4% a la ingesta de acrilamida total se incrementa a valores entre el 32% y el 45% según edad. Para que la contribución del consumo de patata fritas en el hogar sea significativa se necesitan intensidades de tratamiento térmico muy altas en la que se obtienen también colores muy oscuros. Para la población consumidora de alimentos en los que se puede generar acrilamida se debe vigilar el grado de dorado del plátano inmaduro.

III.3.3.9.3.-Ingesta de acrilamida por regiones

Los valores de ingesta calculados hasta ahora se han realizado teniendo en cuenta el consumo medio de alimentos de toda la población o de la consumidora según la encuesta ENSIN(2015). Para hacer una aproximación más real se ha seleccionado al azar un 5% de la población adulta (18 -65 años) que realizó las dos encuestas de recordatorio de 24 h de la citada encuesta ENSIN (2015). En concreto 72 individuos adultos, mitad hombres y mitad mujeres de 6 regiones colombianas (12 por cada región).

La tabla 3.65 muestra los valores de ingesta obtenidos (media, mediana y P95) y los valores de MOE para genotoxicidad y neurotoxicidad a los 3 niveles de intensidad de tratamiento térmico culinario.

Tabla 3.65.-Ingesta de acrilamida ($\mu\text{g}/\text{kg}/\text{día}$) y valores MOE para el conjunto de sujetos de las diferentes regiones y los obtenidos según sexo

	INGESTA INTENSIDAD 1	INGESTA INTENSIDAD 2	INGESTA INTENSIDAD 3
TODAS LAS REGIONES (MASCULINO Y FEMENINO)			
Media	0,239	0,344	0,500
Mediana	0,193	0,255	0,310
P95	0,563	1,34	1,99
MOE-mediana¹	882	666	550
MOE-P95¹	303	128	85,7
MOE-mediana²	2230	1684	1392
MOE-P95²	765	323	217
HOMBRES			
Media	0,231	0,306	0,391
Mediana	0,238	0,281	0,347
P95	0,545	1,06	1,60
MOE-mediana¹	715	604	490
MOE-P95¹	312	162	108
MOE-mediana²	1808	1529	1239
MOE-P95²	790	409	272
MUJERES			
Media	0,248	0,389	0,630
Mediana	0,177	0,241	0,272
P95	1,08	1,98	3,04
MOE-mediana¹	958	706	624
MOE-P95¹	197	87	56
MOE-mediana²	2424	1786	1579
MOE-P95²	497	221	141

¹ genotoxicidad, ² neurotoxicidad

Los valores medios de ingesta obtenidos son superiores en las mujeres a los hombres, debido al valor tan elevado que posee este colectivo para el P95. Estos valores son inferiores a los obtenidos considerando el consumo medio de la población (tabla 3.54) y similares a los aportados por Barón *et al.* (2021) para población colombiana. Considerando los valores de MOE el riesgo para genotoxicidad es alto, todos los valores son inferiores a 10.000, pero sobre todos para mujeres altamente consumidoras y a niveles de intensidad de tratamiento culinario medio y alto. No existe riesgo de neurotoxicidad.

Por regiones (tabla 3.66) y considerando los valores medios el orden de ingesta de acrilamida para la intensidad de tratamiento culinario bajo fue: Central> Oriental> Bogotá>Pacífico>Atlántica> Orinoquía-Amazonía, habiendo una diferencia de casi 3,5 veces entre la primera y la última. Si consideramos la intensidad de tratamiento térmico más elevada la región Atlántica pasa al segundo lugar y la Pacífica a la última. Apenas se produjo un aumento de la ingesta de acrilamida según intensidad de tratamiento térmico en las regiones Oriental y Pacífica.

Tabla 3.66.- Ingesta de acrilamida ($\mu\text{g}/\text{kg}/\text{día}$) y valores MOE para los sujetos de las diferentes regiones

	INGESTA INTENSIDAD 1	INGESTA INTENSIDAD 2	INGESTA INTENSIDAD 3
ATLANTICA			
Media	0,184	0,449	0,747
Mediana	0,170	0,233	0,269
MOE-mediana ¹	999	774	716
MOE-mediana ²	2527	2527	2527
BOGOTÁ			
Media	0,227	0,332	0,503
Mediana	0,137	0,332	0,360
MOE-mediana ¹	1240	512	472
MOE-mediana ²	3136	1295	1193
CENTRAL			
Media	0,443	0,533	0,914
Mediana	0,271	0,332	0,526
MOE-mediana ¹	629	517	344
MOE-mediana ²	1591	1309	870
ORIENTAL			
Media	0,310	0,363	0,422
Mediana	0,302	0,303	0,321
MOE-mediana ¹	563	561	533
MOE-mediana ²	1424	1420	1348
ORINOQUÍA-AMAZONÍA			
Media	0,125	0,244	0,327
Mediana	0,0546	0,0827	0,108
MOE-mediana ¹	3119	2218	1578
MOE-mediana ²	7890	5611	3992
PACÍFICA			
Media	0,213	0,217	0,245
Mediana	0,227	0,227	0,227
MOE-mediana ¹	750	750	750
MOE-mediana ²	1898	1898	1898

¹ genotoxicidad, ² neurotoxicidad

Si consideramos la ingesta de acrilamida eliminando el consumo de panela (tabla 3.67), se produce una reducción en la ingesta media que va desde el 22% cuando se considera la intensidad de tratamiento culinario alto al 47% cuando esta intensidad es baja, porcentajes de reducción ligeramente menores que los obtenidos para el conjunto de la población utilizado los valores de consumo medio de alimentos (tabla 3.54) pero en cualquier caso muy elevados a intensidades de tratamiento culinario bajo.

Tabla 3.67. Ingesta de acrilamida ($\mu\text{g}/\text{kg}/\text{día}$) y valores MOE para el conjunto de sujetos de las diferentes regiones y los obtenidos según sexo sin considerar el consumo de panela

	INGESTA INTENSIDAD 1	INGESTA INTENSIDAD 2	INGESTA INTENSIDAD 3
TODAS LAS REGIONES (MASCULINO Y FEMENINO)			
Media	0,126	0,231	0,387
Mediana	0,0773	0,0979	0,133
P95	0,330	1,20	1,85
MOE-mediana ¹	2198	1736	1277
MOE-P95 ¹	515	148	93
MOE-mediana ²	5561	4392	3229
MOE-P95 ²	1302	376	235
HOMBRES			
Media	0,087	0,162	0,247
Mediana	0,0608	0,0764	0,103
P95	0,297	0,969	1,58
MOE-mediana ¹	2794	2225	1647
MOE-P95 ¹	573	179	108
MOE-mediana ²	7068	5628	4165
MOE-P95 ²	1449	452	273
MUJERES			
Media	0,172	0,314	0,554
Mediana	0,0990	0,137	0,205
P95	0,825	1,87	2,83
MOE-mediana ¹	1717	1245	829
MOE-P95 ¹	339	95	60
MOE-mediana ²	4342	3150	2098
MOE-P95 ²	859	240	153

¹ genotoxicidad, ² neurotoxicidad

El porcentaje de reducción de la ingesta fue mucho mayor en los hombres, casi el doble, lo que indica que este colectivo es el que más panela consumió.

Por regiones (tabla 3.68) y considerando los valores medios el orden de ingesta de acrilamida para la intensidad de tratamiento culinario bajo fue similar, intercambiándose la región Oriental por

Bogotá, habiendo una diferencia de casi 5,5 veces entre la primera y la última. Al igual que cuando se consideró el consumo de panela se produce solo un ligero aumento de la ingesta de acrilamida según intensidad de tratamiento térmico en las regiones Oriental y Pacífica.

Tabla 3.68.- Ingesta de acrilamida ($\mu\text{g}/\text{kg}/\text{día}$) y valores MOE para los sujetos de las diferentes regiones sin considerar el consumo de panela

	INGESTA INTENSIDAD 1	INGESTA INTENSIDAD 2	INGESTA INTENSIDAD 3
ATLANTICA			
Media	0,0930	0,359	0,657
Mediana	0,0784	0,0784	0,0859
MOE-mediana ¹	2176	2176	1980
MOE-mediana ²	5504	5504	5010
BOGOTÁ			
Media	0,184	0,289	0,460
Mediana	0,137	0,200	0,351
MOE-mediana ¹	1240	849	484
MOE-mediana ²	3136	2147	1224
CENTRAL			
Media	0,285	0,376	0,757
Mediana	0,121	0,203	0,416
MOE-mediana ¹	1449	876	575
MOE-mediana ²	3665	2215	1453
ORIENTAL			
Media	0,122	0,175	0,234
Mediana	0,0755	0,0767	0,106
MOE-mediana ¹	2253	2216	1603
MOE-mediana ²	5698	5607	4054
ORINOQUÍA-AMAZONÍA			
Media	0,0522	0,172	0,255
Mediana	0,0347	0,0371	0,0569
MOE-mediana ¹	4902	4584	2993
MOE-mediana ²	12398	11594	7570
PACÍFICA			
Media	0,0794	0,0832	0,111
Mediana	0,0715	0,0715	0,100
MOE-mediana ¹	2377	2377	1707
MOE-mediana ²	6011	6011	4317

¹ genotoxicidad, ² neurotoxicidad

De estos resultados puede deducirse que los valores más bajos de ingesta en la región de Orinoquía-Amazonía pueda deberse al menor consumo de alimentos, que la panela es el principal alimento que aporta acrilamida en las regiones Oriental y Pacífica y que el consumo de alimentos procesados que pueden generar acrilamida según intensidad de tratamiento térmico fue mayor en las regiones de Bogotá, Central y Orinoquía-Amazonía. En el capítulo 2 se establecieron los menús típicos de las 5 regiones de Colombia para poder estudiar que alimentos aportaban acrilamida a la dieta. La tabla 3.69 recoge la ingesta de acrilamida de estos menús típicos según intensidad de tratamiento térmico considerado.

Tabla 3.69.- Ingesta de acrilamida y riesgo toxicológico de menús típicos de regiones colombianas.

REGIONES		INTENSIDAD 1	INTENSIDAD 2	INTENSIDAD 3
ATLÁNTICO	Ingesta ¹	0,465	1,80	2,26
	MOE ²	366	94,4	75,3
	MOE ³	925	239	191
BOGOTÁ	Ingesta ¹	0,694	0,747	0,935
	MOE ²	245	228	182
	MOE ³	620	576	460
CENTRAL	Ingesta ¹	0,298	2,82	3,55
	MOE ²	570	60,3	47,9
	MOE ³	1441	153	121
ORIENTAL	Ingesta ¹	0,450	0,496	0,577
	MOE ²	378	342	295
	MOE ³	956	866	746
ORINOQUIA-AMAZONÍA	Ingesta ¹	0,664	1,97	2,34
	MOE ²	256	86,3	72,5
	MOE ³	647	218	183
PACÍFICA	Ingesta ¹	0,357	2,49	3,78
	MOE ²	477	56,9	44,9
	MOE ³	1206	144	114

¹ µg/kg/día; ²Efecto neoplásico; ³ Efecto neurotóxico

El orden de ingesta fue diferente según la intensidad de tratamiento térmico: a baja intensidad la mayor ingesta se produce en las regiones de Bogotá y Orinoquia-Amazonía y la menor en la región Central. Esto casi se invierte si se considera la intensidad de tratamiento térmico alta. El mayor incremento según intensidad de tratamiento térmico se produciría en la región Central, seguido de la Pacífica y en menor medida la Atlántica y la Orinoquía-Amazonía.

Si lo comparamos con los datos obtenidos del 5% de la población analizada comprobamos que la ingesta de acrilamida sería menor excepto en la región Central y que en la región de Orinoquía-Amazonía Central y Central se produce el incremento de acrilamida según el nivel de intensidad de

tratamiento térmico previsto por el tipo de alimentos del menú. Según esto el consumo de platos típicos es esporádico.

II.3.4. CONCLUSIONES

1. Se necesitan intensidades de dorado en patatas muy altas para producir niveles de acrilamida superiores a los máximos establecidos por la reglamentación europea.
2. La diferencia en el contenido de acrilamida de las variedades pastusa y sabanera se debe a la diferente matriz.
3. La pre-cocción de las patatas criollas previa a su fritura no solo reduce el contenido de grasa final, sino que también limita la formación de acrilamida.
4. Los plátanos inmaduros fritos en forma de monedas pueden alcanzar valores de acrilamida tan elevados como las patatas chips.
5. El menor tiempo necesario para la fritura de plátanos maduros y la menor temperatura final alcanzada durante la misma, hace que el contenido de acrilamida sea bajo y muy inferior al de los plátanos inmaduros.
6. El contenido de acrilamida en yuca, arepas, churros y croquetas de arroz son inferiores a 20 µg/kg cuando se fríen hasta intensidad de tratamiento térmico intermedio y en el caso de las arepuelas de trigo si se realiza a nivel bajo.
7. Niveles de humedad final del 4% son necesarios en croquetas de arroz para obtener cantidad de acrilamida detectable.
8. Repetición de tratamientos térmicos culinarios domésticos pueden producir una gran variación en el contenido de acrilamida del alimento.
9. Los productos comerciales colombianos analizados, excepto panela y café, presentaron valores de acrilamida bajos.
10. La panela es el alimento que más contribuye a la ingesta de acrilamida en la población colombiana consumidora cuando la intensidad de los tratamientos térmicos caseros es baja.
11. La ingesta de acrilamida se reduce como mínimo un 37% si no se consume panela y el valor del MOE se eleva en 8 veces en el mejor de los escenarios.
12. La ingesta de acrilamida en adultos colombianos se eleva en aproximadamente un 30% cuando la intensidad de tratamiento térmico casero es intermedia y en un 50% si es alto.
13. Es necesario vigilar el grado de dorado del plátano inmaduro frito por su alta contribución a la ingesta de acrilamida.
14. La utilización del consumo medio de alimentos de la población puede sobreestimar la exposición a la acrilamida.

III.3.5. BIBLIOGRAFIA

- Agencia Española de Consumo Seguridad Alimentaria y Nutrición AECOSAN. (2018). *Acrilamida en los alimentos. Nuevas normas y recomendaciones por tu salud.* 1–7. http://www.aecosan.msssi.gob.es/AECOSAN/docs/documentos/noticias/2018/CUADRIPTICO_ACRILAMIDA_AECOSAN.PDF
- Barón Cortes, W. et al. (2021). Consumption study and margin of exposure of acrylamide in food consumed. Barón Cortés, Wilson Roberto, et al. 2021. "Consumption Study and Margin of Exposure of Acrylamide in Food Consumed by the Bogotá Population in Colombia." *Journal of Food Composition and Analysis*, 100(April). <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2021.103934>
- Barón Cortés, W. R., Vásquez Mejía, S. M., & Suárez Mahecha, H. (2021). Consumption study and margin of exposure of acrylamide in food consumed by the Bogotá population in Colombia. *Journal of Food Composition and Analysis*, 100(November 2020). <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2021.103934>
- Bassama, J., Brat, P., Bohuon, P., Hocine, B., Boulanger, R., & Günata, Z. (2011). Acrylamide kinetic in plantain during heating process: Precursors and effect of water activity. *Food Research International*, 44(5), 1452–1458. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2011.03.018>
- Bassama, J., Brat, P., Boulanger, R., Günata, Z., & Bohuon, P. (2012). Modeling deep-fat frying for control of acrylamide reaction in plantain. *Journal of Food Engineering*, 113(1), 156–166. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2012.04.004>
- Bent, G. A., Maragh, P., & Dasgupta, T. (2012). Acrylamide in Caribbean foods - Residual levels and their relation to reducing sugar and asparagine content. *Food Chemistry*, 133(2), 451–457. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2012.01.067>
- Chen, Y.-H., Xia, E.-Q., Xu, X.-R., Ling, W.-H., Li, S., Wu, S., Deng, G.-F., Zou, Z.-F., Zhou, J., & Li, H.-B. (2012). Evaluation of Acrylamide in Food from China by a LC/MS/MS Method. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 9(11), 4150–4158. <https://doi.org/10.3390/ijerph9114150>
- Chen, Y., Wu, Y., Fu, J., & Fan, Q. (2020). Comparison of different rice flour- and wheat flour-based butter cookies for acrylamide formation. *Journal of Cereal Science*, 95(May), 103086. <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2020.103086>
- Comisión Europea. (2017). REGLAMENTO (UE) 2017/ 2158 DE LA COMISIÓN de 20 de noviembre de 2017 por el que se establecen medidas de mitigación y niveles de referencia para reducir la presencia de acrilamida en los alimentos. *Diario Oficial de La Unión Europea*, L304(6), 24–44. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/PDF/?uri=CELEX:32017R2158&from=en>
- Daniali, G., Jinap, S., Hanifah, N. L., & Hajeb, P. (2013). The effect of maturity stages of banana on the formation of acrylamide in banana fritters. *Food Control*, 32(2), 386–391. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2013.01.006>
- Daniali, G., Jinap, S., Zaidul, S. I. M., & Hanifah, N. L. (2010). Determination of acrylamide in banana based snacks by gas chromatography-mass spectrometry. *International Food Research Journal*, 17(2), 433–439.

- Delgado, R. M., Aràmbula-Villa, G., Luna-Bàrcenas, G., Flores-Casamayor, V., Veles-Medina, J. J., Azuara, E., & Salazar, R. (2016). Acrylamide content in tortilla chips prepared from pigmented maize kernels. In *Revista Mexicana de Ingeniera Quimica* (Vol. 15, Issue 1, pp. 69–78). <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-84961249514&partnerID=40&md5=58893c4026a5dd1011d0b3422623c579>
- EFSA. (2015). Scientific Opinion on acrylamide in food. *EFSA Journal*, 13(6). <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2015.4104>
- Fiselier, K., Bazzocco, D., Gama-Baumgartner, F., & Grob, K. (2006). Influence of the frying temperature on acrylamide formation in French fries. *European Food Research and Technology*, 222(3–4), 414–419. <https://doi.org/10.1007/s00217-005-0046-6>
- Fiselier, K., Hartmann, A., Fiscalini, A., & Grob, K. (2005). Higher acrylamide contents in French fries prepared from “fresh” prefabricates. *European Food Research and Technology*, 221(3–4), 376–381. <https://doi.org/10.1007/S00217-005-1183-7/TABLES/6>
- Friedman, M. (2015). Acrylamide: inhibition of formation in processed food and mitigation of toxicity in cells, animals, and humans. *Food & Function*, 6(6), 1752–1772. <https://doi.org/10.1039/C5FO00320B>
- Gómez-narváez, F., Mesías, M., Delgado-andrade, C., Contreras-calderón, J., Ubillús, F., Cruz, G., & Morales, F. J. (2019). Occurrence of acrylamide and other heat-induced compounds in panela : Relationship with physicochemical and antioxidant parameters. *Food Chemistry*, 301(March), 125256. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.125256>
- Halford, N. G., Muttucumaru, N., Powers, S. J., Gillatt, P. N., Hartley, L., Elmore, J. S., & Mottram, D. S. (2012). Concentrations of free amino acids and sugars in nine potato varieties: Effects of storage and relationship with acrylamide formation. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 60(48), 12044–12055. <https://doi.org/10.1021/jf3037566>
- Henao, S. J., Petrarca, M. H., Braga, P. A. C., Arisseto, P., Henao, S. J., Petrarca, M. H., & Braga, P. A. C. (2021). Acrylamide in non-centrifugal sugar from Latin American markets : in-house validation of an LC- MS / MS method , dietary exposure assessment and risk characterisation in Brazil and Colombia. *Food Additives & Contaminants: Part A*, 38(9), 1456–1469. <https://doi.org/10.1080/19440049.2021.1933205>
- ICBF. (2005). *Encuesta nacional de la situación nutricional en Colombia*. hrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/<https://www.minsalud.gov.co/sites/rid/Lists/BibliotecaDigital/RIDE/VS/ED/GCFI/Ensin2005.pdf>
- ICBF. (2020). *Encuesta Nacional de situación Nutricional en Colombia (ENSIN)*.
- INVIMA. (2018). Control de acrilamida en alimentos procesados durante los años 2015 y 2016. In *Invima*. <http://digital.csic.es/bitstream/10261/49549/1/NOISI-14-2008-ALIMENTARIA-Acrilamida-IMSP-IF.pdf>
- JECFA. (2011). *Evaluation of certain contaminants in food: seventy-second [72nd] report of the Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives*. <https://apps.who.int/iris/handle/10665/44514>

- Liu, J., Zhao, G., Yuan, Y., Chen, F., & Hu, X. (2008). Quantitative analysis of acrylamide in tea by liquid chromatography coupled with electrospray ionization tandem mass spectrometry. *Food Chemistry*, *108*(2), 760–767. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2007.11.015>
- Matthäus, B., & Haase, N. U. (2002). *Acrylamide-Still a matter of concern for fried potato food?* <https://doi.org/10.1002/ejlt.201300281>
- Mesias, M., Delgado-Andrade, C., Holgado, F., & Morales, F. J. (2019). Acrylamide content in French fries prepared in food service establishments. *LWT*, *100*, 83–91. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2018.10.050>
- Mesias, M., Delgado-Andrade, C., Holgado, F., & Morales, F. J. (2020). Acrylamide in French fries prepared at primary school canteens. *Food and Function*, *11*(2), 1489–1497. <https://doi.org/10.1039/c9fo02482d>
- Michalak, J., Gujska, E., Czarnowska-Kujawska, M., & Nowak, F. (2017). Effect of different home-cooking methods on acrylamide formation in pre-prepared croquettes. *Journal of Food Composition and Analysis*, *56*, 134–139. <https://doi.org/10.1016/J.JFCA.2016.12.006>
- Ministerio de proteccion social. (2006). *Resolucion 779 de 2006 por la cual se establece el reglamento tecnico sobre los requisitos sanitarios que se deben cumplir en la produccion y comercializacion de panela para consumo humano. 2006*(Marzo 17). [file:///C:/Users/ASUS/Downloads/resolucion_779_de_2006\(1\).pdf](file:///C:/Users/ASUS/Downloads/resolucion_779_de_2006(1).pdf)
- Molina Périz, E., Mañes, J., & Manyes, L. (2016). Risk assessment of dietary exposure to acrylamide in Spanish and valencian population. *Revista de Toxicologia*, *33*(1), 20–30. <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-84981294276&partnerID=40&md5=9c45d4c88277b572af066104b1f9c57e>
- Morales, F. J., & Arribas-Lorenzo, G. (2008). The formation of potentially harmful compounds in churros, a Spanish fried-dough pastry, as influenced by deep frying conditions. *Food Chemistry*, *109*(2), 421–425. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2007.12.042>
- Mulla, M. Z., Annapure, U. S., Bharadwaj, V. R., & Singhal, R. S. (2017). A Study on the Kinetics of Acrylamide Formation in Banana Chips. *Journal of Food Processing and Preservation*, *41*(1). <https://doi.org/10.1111/JFPP.12739>
- Nematollahi, A., Kamankesh, M., Hosseini, H., Ghasemi, J., Hosseini-Esfahani, F., Mohammadi, A., & Mousavi Khaneghah, A. (2020). Acrylamide content of collected food products from Tehran's market: a risk assessment study. *Environmental Science and Pollution Research*, *27*(24), 30558–30570. <https://doi.org/10.1007/s11356-020-09323-w>
- Pacetti, D., Gil, E., Frega, N. G., Álvarez, L., Dueñas, P., Garzón, A., & Lucci, P. (2015). Acrylamide levels in selected Colombian foods. *Food Additives and Contaminants: Part B Surveillance*, *8*(2), 99–105. <https://doi.org/10.1080/19393210.2014.995236>
- Pacetti, Deborah, Gil, E., Frega, N. G., Álvarez, L., Dueñas, P., Garzón, A., Lucci, P., Pacetti, D., Gil, E., Frega, N. G., Álvarez, L., & Dueñas, P. (2015). Food Additives & Contaminants : Part B Acrylamide levels in selected Colombian foods. *Food Additives & Contaminants: Part B*, *8*(2), 99–105. <https://doi.org/10.1080/19393210.2014.995236>

- Pedreschi, F., Kaack, K., & Granby, K. (2006). Acrylamide content and color development in fried potato strips. *Food Research International*, 39(1), 40–46. <https://doi.org/10.1016/J.FOODRES.2005.06.001>
- Pertuz-Cruz, S. L., Molina-Montes, E., Rodríguez-Pérez, C., Guerra-Hernández, E. J., Cobos de Rangel, O. P., Artacho, R., Verardo, V., Ruiz-Lopez, M. D., & García-Villanova, B. (2021). Exploring Dietary Behavior Changes Due to the COVID-19 Confinement in Colombia: A National and Regional Survey Study. *Frontiers in Nutrition*, 8(April), 1–16. <https://doi.org/10.3389/fnut.2021.644800>
- Shamla, L., & Nisha, P. (2017). Acrylamide formation in plantain (*Musa paradisiaca*) chips influenced by different ripening stages: A correlation study with respect to reducing sugars, amino acids and phenolic content. *Food Chemistry*, 222, 53–60. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2016.12.007>
- Sirot, V., Rivière, G., Leconte, S., Vin, K., Traore, T., Jean, J., Carne, G., Gorecki, S., Veyrand, B., Marchand, P., Le Bizec, B., Jean-Pierre, C., Feidt, C., Vasseur, P., Lambert, M., Inthavong, C., Guérin, T., & Hulin, M. (2019). French infant total diet study: Dietary exposure to heat-induced compounds (acrylamide, furan and polycyclic aromatic hydrocarbons) and associated health risks. *Food and Chemical Toxicology*, 130(March), 308–316. <https://doi.org/10.1016/j.fct.2019.05.009>
- Taubert, D., Harlfinger, S., Henkes, L., Berkels, R., & Schömig, E. (2004). Influence of processing parameters on acrylamide formation during frying of potatoes. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 52(9), 2735–2739. <https://doi.org/10.1021/JF035417D>
- Ventura, L & García, D. (2015). *Aplicación del método de espectroscopía infrarroja para la identificación de acrilamida en papas tipo chips | Semantic Scholar* [Universidad del Salvador]. <https://www.semanticscholar.org/paper/Aplicación-del-método-de-espectroscopía-infrarroja-Quevedo-Villatoro/fb572b808aa54e8251ad12b610345f4ebe545f4a>
- Zapata, A. (2016). *Determinación de la calidad proteica y daño térmico de nutriciones enterales poliméricas comercializadas en Colombia* [Universidad de Antioquia Colombia]. <http://bibliotecadigital.udea.edu.co/handle/10495/11933>

II.3.4. CONCLUSIONES

1. Se necesitan intensidades de dorado en patatas muy altas para producir niveles de acrilamida superiores a los máximos establecidos por la reglamentación europea.
2. Las diferencias en el contenido de acrilamida de las variedades de patata “pastusa” y “sabanera” se deben a diferencias de tiempo necesarias para su procesado.
3. La pre-cocción de las patatas criollas previa a su fritura no solo reduce el contenido de grasa final, sino que también limita la formación de acrilamida.
4. Los plátanos inmaduros fritos en forma de monedas pueden alcanzar valores de acrilamida tan elevados como las patatas chips.

5. El menor tiempo necesario para la fritura de plátanos maduros y la menor temperatura final alcanzada durante la misma, hace que el contenido de acrilamida sea bajo y muy inferior al de los plátanos inmaduros.
6. El contenido de acrilamida en yuca, arepas, churros y croquetas de arroz son inferiores a 20 $\mu\text{g}/\text{kg}$ cuando se fríen hasta intensidad de tratamiento térmico intermedio y en el caso de las arepuelas de trigo si se realiza a nivel bajo.
7. Niveles de humedad final del 4% son necesarios en croquetas de arroz para obtener cantidad de acrilamida detectable.
8. Repetición de tratamientos térmicos culinarios domésticos pueden producir una gran variación en el contenido de acrilamida del alimento.
9. Los productos comerciales colombianos analizados, excepto panela y café, presentaron valores de acrilamida bajos.
10. La panela es el alimento que más contribuye a la ingesta de acrilamida en la población colombiana consumidora cuando la intensidad de los tratamientos térmicos caseros es baja.
11. La ingesta de acrilamida se reduce como mínimo un 37% si no se consume panela y el valor del MOE se eleva en 8 veces en el mejor de los escenarios.
12. La ingesta de acrilamida en adultos colombianos se eleva en aproximadamente un 30% cuando la intensidad de tratamiento térmico casero es intermedia y en un 50% si es alto.
13. Es necesario vigilar el grado de dorado del plátano inmaduro frito por su alta contribución a la ingesta de acrilamida.
14. La utilización del consumo medio de alimentos de la población puede sobreestimar la exposición a la acrilamida.

III.3.5. BIBLIOGRAFIA

- Agencia Española de Consumo Seguridad Alimentaria y Nutrición AECOSAN. (2018). *Acrilamida en los alimentos. Nuevas normas y recomendaciones por tu salud.* 1–7. http://www.aecosan.msssi.gob.es/AECOSAN/docs/documentos/noticias/2018/CUADRIPTICO_ACRILAMIDA_AECOSAN.PDF
- Barón Cortes, W. et al. (2021). Consumption study and margin of exposure of acrylamide in food consumed. Barón Cortés, Wilson Roberto, et al. 2021. "Consumption Study and Margin of Exposure of Acrylamide in Food Consumed by the Bogotá Population in Colombia." *Journal of Food Composition and Analysis*, 100(April). <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2021.103934>
- Barón Cortés, W. R., Vásquez Mejía, S. M., & Suárez Mahecha, H. (2021). Consumption study and margin of exposure of acrylamide in food consumed by the Bogotá population in Colombia. *Journal of Food Composition and Analysis*, 100(November 2020). <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2021.103934>
- Bassama, J., Brat, P., Bohuon, P., Hocine, B., Boulanger, R., & Günata, Z. (2011). Acrylamide kinetic in plantain during heating process: Precursors and effect of water activity. *Food Research International*, 44(5), 1452–1458. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2011.03.018>
- Bassama, J., Brat, P., Boulanger, R., Günata, Z., & Bohuon, P. (2012). Modeling deep-fat frying for control of acrylamide reaction in plantain. *Journal of Food Engineering*, 113(1), 156–166. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2012.04.004>
- Bent, G. A., Maragh, P., & Dasgupta, T. (2012). Acrylamide in Caribbean foods - Residual levels and their relation to reducing sugar and asparagine content. *Food Chemistry*, 133(2), 451–457. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2012.01.067>
- Chen, Y.-H., Xia, E.-Q., Xu, X.-R., Ling, W.-H., Li, S., Wu, S., Deng, G.-F., Zou, Z.-F., Zhou, J., & Li, H.-B. (2012). Evaluation of Acrylamide in Food from China by a LC/MS/MS Method. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 9(11), 4150–4158. <https://doi.org/10.3390/ijerph9114150>
- Chen, Y., Wu, Y., Fu, J., & Fan, Q. (2020). Comparison of different rice flour- and wheat flour-based butter cookies for acrylamide formation. *Journal of Cereal Science*, 95(May), 103086. <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2020.103086>
- Comisión Europea. (2017). REGLAMENTO (UE) 2017/ 2158 DE LA COMISIÓN de 20 de noviembre de 2017 por el que se establecen medidas de mitigación y niveles de referencia para reducir la presencia de acrilamida en los alimentos. *Diario Oficial de La Unión Europea*, L304(6), 24–44. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/PDF/?uri=CELEX:32017R2158&from=en>
- Daniali, G., Jinap, S., Hanifah, N. L., & Hajeb, P. (2013). The effect of maturity stages of banana on the formation of acrylamide in banana fritters. *Food Control*, 32(2), 386–391. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2013.01.006>
- Daniali, G., Jinap, S., Zaidul, S. I. M., & Hanifah, N. L. (2010). Determination of acrylamide in banana based snacks by gas chromatography-mass spectrometry. *International Food Research Journal*, 17(2), 433–439.

- Delgado, R. M., Aràmbula-Villa, G., Luna-Bàrcenas, G., Flores-Casamayor, V., Veles-Medina, J. J., Azuara, E., & Salazar, R. (2016). Acrylamide content in tortilla chips prepared from pigmented maize kernels. In *Revista Mexicana de Ingeniera Quimica* (Vol. 15, Issue 1, pp. 69–78). <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-84961249514&partnerID=40&md5=58893c4026a5dd1011d0b3422623c579>
- EFSA. (2015). Scientific Opinion on acrylamide in food. *EFSA Journal*, 13(6). <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2015.4104>
- Fiselier, K., Bazzocco, D., Gama-Baumgartner, F., & Grob, K. (2006). Influence of the frying temperature on acrylamide formation in French fries. *European Food Research and Technology*, 222(3–4), 414–419. <https://doi.org/10.1007/s00217-005-0046-6>
- Fiselier, K., Hartmann, A., Fiscalini, A., & Grob, K. (2005). Higher acrylamide contents in French fries prepared from “fresh” prefabricates. *European Food Research and Technology*, 221(3–4), 376–381. <https://doi.org/10.1007/S00217-005-1183-7/TABLES/6>
- Friedman, M. (2015). Acrylamide: inhibition of formation in processed food and mitigation of toxicity in cells, animals, and humans. *Food & Function*, 6(6), 1752–1772. <https://doi.org/10.1039/C5FO00320B>
- Gómez-narváez, F., Mesías, M., Delgado-andrade, C., Contreras-calderón, J., Ubillús, F., Cruz, G., & Morales, F. J. (2019). Occurrence of acrylamide and other heat-induced compounds in panela : Relationship with physicochemical and antioxidant parameters. *Food Chemistry*, 301(March), 125256. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.125256>
- Halford, N. G., Muttucumaru, N., Powers, S. J., Gillatt, P. N., Hartley, L., Elmore, J. S., & Mottram, D. S. (2012). Concentrations of free amino acids and sugars in nine potato varieties: Effects of storage and relationship with acrylamide formation. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 60(48), 12044–12055. <https://doi.org/10.1021/jf3037566>
- Henao, S. J., Petrarca, M. H., Braga, P. A. C., Arisseto, P., Henao, S. J., Petrarca, M. H., & Braga, P. A. C. (2021). Acrylamide in non-centrifugal sugar from Latin American markets : in-house validation of an LC- MS / MS method , dietary exposure assessment and risk characterisation in Brazil and Colombia. *Food Additives & Contaminants: Part A*, 38(9), 1456–1469. <https://doi.org/10.1080/19440049.2021.1933205>
- ICBF. (2005). *Encuesta Nacional de la Situación Nutricional (ENSIN) 2005*. Bogotá D.C. : Instituto Colombiano de Bienestar Familiar. Retrieved from <https://www.icbf.gov.co/bienestar/nutricion/encuesta-nacional-situacion-nutricional#ensin1>
- ICBF. (2020). *Encuesta Nacional de la Situación Nutricional en Colombia (ENSIN) 2015*. Bogotá D.C.: Instituto Colombiano de Bienestar Familiar.
- INS. (2012). *Concepto Científico Acrilamida en Panela*. Bogotá D.C. Retrieved from <https://www.minsalud.gov.co/sites/rid/Lists/BibliotecaDigital/RIDE/IA/INS/Concepto-acrilamida-panela.pdf>

- INVIMA. (2018). *Informe de resultados del Plan Nacional Subsectorial de Vigilancia y Control de Acrilamida en Alimentos Procesados durante los años 2015 y 2016*. Bogotá D.C. Retrieved from <http://docplayer.es/139277528-Informe-de-resultados-del-plan-nacional-subsectorial-de-vigilancia-y-control-de-acrilamida-en-alimentos-procesados-durante-los-anos-2015-y-2016.html>
- JECFA. (2011). *Evaluation of certain contaminants in food: seventy-second [72nd] report of the Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives*. <https://apps.who.int/iris/handle/10665/44514>
- Liu, J., Zhao, G., Yuan, Y., Chen, F., & Hu, X. (2008). Quantitative analysis of acrylamide in tea by liquid chromatography coupled with electrospray ionization tandem mass spectrometry. *Food Chemistry*, *108*(2), 760–767. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2007.11.015>
- Matthäus, B., & Haase, N. U. (2002). *Acrylamide-Still a matter of concern for fried potato food?* <https://doi.org/10.1002/ejlt.201300281>
- Mesias, M., Delgado-Andrade, C., Holgado, F., & Morales, F. J. (2019). Acrylamide content in French fries prepared in food service establishments. *LWT*, *100*, 83–91. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2018.10.050>
- Mesias, M., Delgado-Andrade, C., Holgado, F., & Morales, F. J. (2020). Acrylamide in French fries prepared at primary school canteens. *Food and Function*, *11*(2), 1489–1497. <https://doi.org/10.1039/c9fo02482d>
- Michalak, J., Gujska, E., Czarnowska-Kujawska, M., & Nowak, F. (2017). Effect of different home-cooking methods on acrylamide formation in pre-prepared croquettes. *Journal of Food Composition and Analysis*, *56*, 134–139. <https://doi.org/10.1016/J.JFCA.2016.12.006>
- Ministerio de protección social. (2006). *Resolución 779 de 2006 por la cual se establece el reglamento técnico sobre los requisitos sanitarios que se deben cumplir en la producción y comercialización de panela para consumo humano*. 2006(Marzo 17). [file:///C:/Users/ASUS/Downloads/resolucion_779_de_2006\(1\).pdf](file:///C:/Users/ASUS/Downloads/resolucion_779_de_2006(1).pdf)
- Molina Périz, E., Mañes, J., & Manyes, L. (2016). Risk assessment of dietary exposure to acrylamide in Spanish and valencian population. *Revista de Toxicología*, *33*(1), 20–30. <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-84981294276&partnerID=40&md5=9c45d4c88277b572af066104b1f9c57e>
- Morales, F. J., & Arribas-Lorenzo, G. (2008). The formation of potentially harmful compounds in churros, a Spanish fried-dough pastry, as influenced by deep frying conditions. *Food Chemistry*, *109*(2), 421–425. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2007.12.042>
- Mulla, M. Z., Annapure, U. S., Bharadwaj, V. R., & Singhal, R. S. (2017). A Study on the Kinetics of Acrylamide Formation in Banana Chips. *Journal of Food Processing and Preservation*, *41*(1). <https://doi.org/10.1111/JFPP.12739>
- Nematollahi, A., Kamankesh, M., Hosseini, H., Ghasemi, J., Hosseini-Esfahani, F., Mohammadi, A., & Mousavi Khaneghah, A. (2020). Acrylamide content of collected food products from Tehran's market: a risk assessment study. *Environmental Science and Pollution Research*, *27*(24),

30558–30570. <https://doi.org/10.1007/s11356-020-09323-w>

- Pacetti, D., Gil, E., Frega, N. G., Álvarez, L., Dueñas, P., Garzón, A., & Lucci, P. (2015). Acrylamide levels in selected Colombian foods. *Food Additives and Contaminants: Part B Surveillance*, 8(2), 99–105. <https://doi.org/10.1080/19393210.2014.995236>
- Pacetti, Deborah, Gil, E., Frega, N. G., Álvarez, L., Dueñas, P., Garzón, A., Lucci, P., Pacetti, D., Gil, E., Frega, N. G., Álvarez, L., & Dueñas, P. (2015). Food Additives & Contaminants : Part B Acrylamide levels in selected Colombian foods. *Food Additives & Contaminants: Part B*, 8(2), 99–105. <https://doi.org/10.1080/19393210.2014.995236>
- Pedreschi, F., Kaack, K., & Granby, K. (2006). Acrylamide content and color development in fried potato strips. *Food Research International*, 39(1), 40–46. <https://doi.org/10.1016/J.FOODRES.2005.06.001>
- Pertuz-Cruz, S. L., Molina-Montes, E., Rodríguez-Pérez, C., Guerra-Hernández, E. J., Cobos de Rangel, O. P., Artacho, R., Verardo, V., Ruiz-Lopez, M. D., & García-Villanova, B. (2021). Exploring Dietary Behavior Changes Due to the COVID-19 Confinement in Colombia: A National and Regional Survey Study. *Frontiers in Nutrition*, 8(April), 1–16. <https://doi.org/10.3389/fnut.2021.644800>
- Shamla, L., & Nisha, P. (2017). Acrylamide formation in plantain (*Musa paradisiaca*) chips influenced by different ripening stages: A correlation study with respect to reducing sugars, amino acids and phenolic content. *Food Chemistry*, 222, 53–60. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2016.12.007>
- Siro, V., Rivière, G., Leconte, S., Vin, K., Traore, T., Jean, J., Carne, G., Gorecki, S., Veyrand, B., Marchand, P., Le Bizec, B., Jean-Pierre, C., Feidt, C., Vasseur, P., Lambert, M., Inthavong, C., Guérin, T., & Hulin, M. (2019). French infant total diet study: Dietary exposure to heat-induced compounds (acrylamide, furan and polycyclic aromatic hydrocarbons) and associated health risks. *Food and Chemical Toxicology*, 130(March), 308–316. <https://doi.org/10.1016/j.fct.2019.05.009>
- Taubert, D., Harlfinger, S., Henkes, L., Berkels, R., & Schömig, E. (2004). Influence of processing parameters on acrylamide formation during frying of potatoes. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 52(9), 2735–2739. <https://doi.org/10.1021/JF035417D>
- Ventura, L & García, D. (2015). *Aplicación del método de espectroscopía infrarroja para la identificación de acrilamida en papas tipo chips | Semantic Scholar* [Universidad del Salvador]. <https://www.semanticscholar.org/paper/Aplicación-del-método-de-espectroscopía-infrarroja-Quevedo-Villatoro/fb572b808aa54e8251ad12b610345f4ebe545f4a>
- Zapata, A. (2016). *Determinación de la calidad proteica y daño térmico de nutriciones enterales poliméricas comercializadas en Colombia* [Universidad de Antioquia Colombia]. <http://bibliotecadigital.udea.edu.co/handle/10495/11933>

III. 4 CAPÍTULO 4

ESTIMACIÓN DEL CONSUMO DE LA ACRILAMIDA APORTADA POR PANELA EN POBLACIÓN COLOMBIANA MENOR DE 36 MESES (Objetivo 4).

III.4.1. METODOLOGÍA

La panela es un alimento de consumo frecuente en Colombia. Se utiliza principalmente como endulzante de bebidas y preparaciones. La encuesta ENSIN 2015, reporta el consumo de este alimento desde los primeros años de vida y las preparaciones a las que suele ser añadida. La composición y forma de obtención de este producto da lugar a la formación de acrilamida. En consideración a esto se consideró el estudio del consumo de acrilamida y riesgo de exposición a partir de panela, en población colombiana menor de 3 años a partir de los datos ENSIN, 2015, según los grupos de edad y región geográfica.

Población de estudio

La población de estudio fue tomada de la ENSIN 2015, basándonos en los datos aportados en el recordatorio de 24 horas (R24h).

Se seleccionaron niños/as menores de 36 meses (N=5593), excluyendo los que no registraran información completa de peso y talla (N=146). Se identificaron 5447 individuos, entre ellos, 2163 eran consumidores de panela y 3284 no consumidores. Se excluyeron niños/as con consumos atípicos, valores por encima del Percentil 99 (P99); por tanto, el grupo de niños consumidores de panela fue de 2140.

En la Figura 1 se detalla el proceso de selección de la población. Posteriormente las poblaciones de estudios de consumidores y no consumidores de panela fueron caracterizadas considerando variables sociodemográficas y antropométricas.

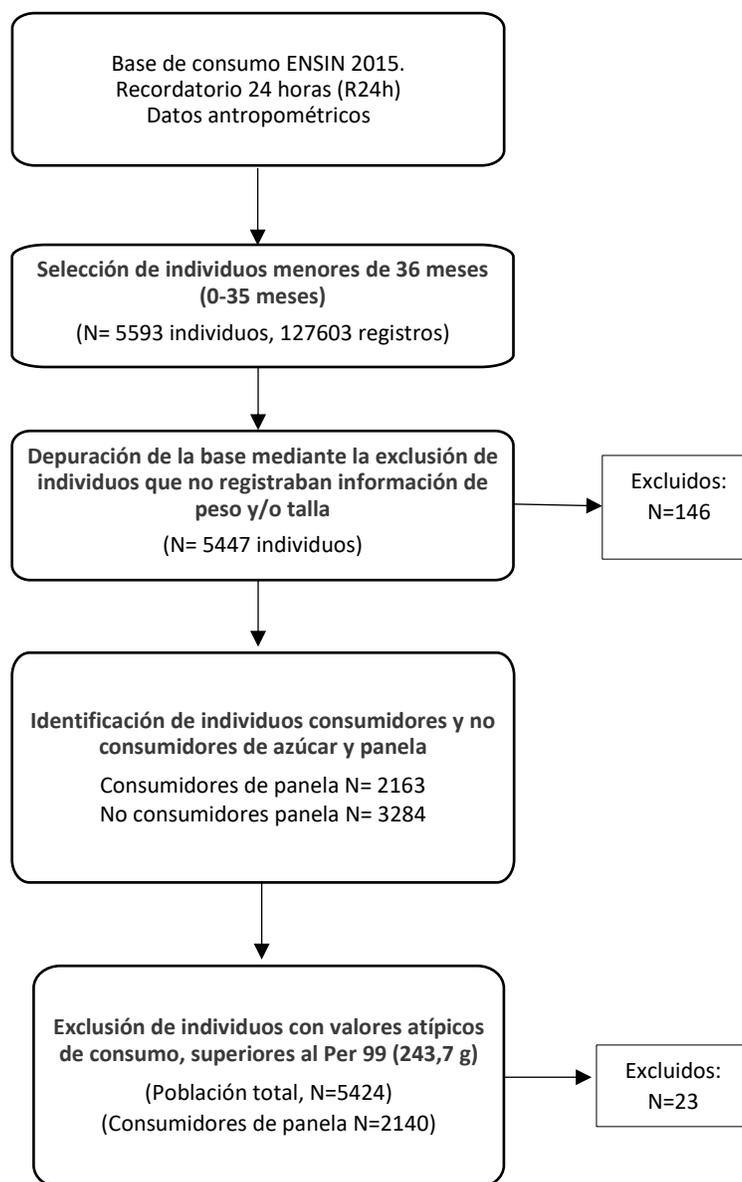


Figura 4.1. Criterios de selección de la población y exclusión de individuos del estudio

Variables de estudio y análisis de la información

Se analizaron variables sociodemográficas: edad en meses, género, etnia, región, cuartil de riqueza y tipo de población. Para este estudio la variable edad fue categorizada considerando los principales

cambios que ocurren en la alimentación en este periodo de vida (0-6 meses, 7-9 meses, 9-11 meses, 12-24 meses y 25-35 meses).

La información de las variables género, etnia, región y cuartil de riqueza se tomó directamente de la base ENSIN. Respecto a la etnia, la encuesta considera tres grupos principales: el primer grupo denominado NARP, el cual está integrado por una comunidad de personas de raza negra, afrodescendientes, raizales y palenqueros; el segundo corresponde al grupo Indígena y el tercero a Mestizos o sin pertenencia étnica. Las regiones del país corresponden a Atlántica, Central, Oriental, Orinoquía-Amazonía y Pacífica según lo establecido en la encuesta. El cuartil de riqueza agrupa la población según nivel de riqueza en escala de 1 a 4; donde 1 corresponde a la población con menores recursos y 4 a la de mayores recursos. Finalmente, el tipo de población se refiere al asentamiento, si vive en área urbana o rural.

Las variables peso y talla fueron tomadas de la base de datos de antropometría de ENSIN. A partir de ellas se estimó el IMC (kg/m^2).

De manera previa a la estimación del consumo de panela se identificaron y caracterizaron las preparaciones elaboradas con panela y la cantidad media añadida en cada una de ellas. Para tal fin se identificaron en la base las preparaciones sólidas que tuvieran como ingredientes panela o panela instantánea y las bebidas de agua de panela o bebidas endulzadas con panela. En ellas se estimaron los niveles de dulzor reportados.

Las preparaciones consumidas se clasificaron según “**tipo de preparación**” para reconocer las principales fuentes de panela en la dieta de este grupo de edad.

Los grupos definidos fueron:

1. Aguas endulzadas con panela (agua de panela, aromáticas e infusiones)
2. Bebidas viscosas elaboradas con harina o almidón y endulzadas (coladas de cereales, almidones, raíces, tubérculos, plátanos, mezclas de vegetales)
3. Bebidas estimulantes (café o chocolate)
4. Bebidas elaboradas con frutas (jugos, sorbetes, cremas)
5. Leche y bebidas fermentadas (fórmulas infantiles, leche, kumis, yogur)
6. Potitos o compotas, papillas, cereales para desayuno
7. Postres dulces (arroz con leche, plátanos almibarados, flanes, natillas, gelatinas, entre otros)
8. Masas dulces horneadas, asadas o fritas.

Las cantidades de panela en las preparaciones se estimaron dependiendo si eran preparaciones sólidas o bebidas. Para las preparaciones sólidas se tomó el valor reportado en la encuesta. Cuando se reportaba el consumo de las bebidas elaboradas con adición de panela, expresado en $\text{ml}/\text{persona}/\text{día}$, se estimó la cantidad de panela en gramos ingerida aportada por estas

preparaciones. Para ello se tuvo en cuenta, el valor estándar, definido por el nivel de dulzor así: poco dulce (6,5%), medianamente dulce (9,9%) y muy dulce (11,1%). Se estimó el porcentaje de contribución de cada categoría de preparaciones con panela sobre el consumo total de este alimento.

Se estimaron las cantidades medias y medianas de consumo de panela para cada categoría de alimentos y para cada grupo de edad. Los porcentajes de consumidores se definieron considerando, la población consumidora de cada tipo de preparaciones y la población consumidora de panela.

Teniendo en cuenta que un mismo niño podía haber consumido, varias veces al día panela en diferentes preparaciones, se estimó la cantidad total consumida de panela/día para cada uno de los sujetos. A partir de estos valores se calcularon las cantidades medias y medianas de consumo y desviaciones estándar según grupo de edad.

Estimación de la exposición dietética y del Margen de Exposición (MOE)

La estimación de la exposición dietética se hizo considerando la concentración de acrilamida en panela, la cantidad ingerida de panela y el peso corporal de cada niño. Para establecer la concentración de acrilamida en el alimento se hizo una revisión de la literatura en la base de datos Scopus y Web of Science ("Panela" AND "Colombia" AND "Acrylamide"). Se identificaron cinco fuentes de información. Adicionalmente se tuvieron en cuenta los valores de acrilamida en panela reportados por el Instituto de Vigilancia de Alimentos y Medicamentos de Colombia (INVIMA, 2018).

En la tabla 4.1 se detalla la información encontrada en los estudios, referente a las concentraciones de AA en panela colombiana.

Tabla 4.1. Concentraciones de Acrilamida, reportadas en la literatura, en muestras de panela colombiana.

Alimento	Método	Número de muestras (n)	Contenido medio de AA	Intervalo	Referencia
Panela en bloque	HPLC-MS/MS	6	520 µg /kg	293,7- 873,2 µg/ kg	(Barón Cortes, 2021)
Panela bloque	LC-ESI-MS-MS	16	540 µg/kg ±209	Bloque: 259-890 µg/kg	(Gómez-narváez et al., 2019).
Panela granulada	LC-ESI-MS-MS	24	812 µg/kg±743	Granulada: 60 – 3058 µg/kg	
Panela bloque	LC-MS/MS	25	401 kg ⁻¹ ± 278µg	<LOQ – 1210	(Henao et al., 2021)
Panela granulada		13	501 µg kg ⁻¹ ± 218	158–839µg kg ⁻¹	Henao et al. 2021)
Panela en bloque (año 2015)	HPLC-MS/MS	48	669 ppb ±527,0	41,2-1932,9 ppb	(INVIMA, 2018)
Panela en bloque (año 2016)	HPLC-MS/MS	36	818 ppb ±648	29,10-2763 ppb	(INVIMA, 2018)
Panela en bloque	LC-ESI-MS-MS	No refiere	890 µg/kg	No refiere	(Mesias et al., n.d.)
Panela bloque	HPLC	No refiere	2,2 mg/kg	No refiere	(Vargas Lasso, et al., 2015)
Panela granulada	HPLC	No refiere	1,6 mg/Kg	No refiere	(Vargas Lasso, et al., 2015)

La concentración de AA utilizada para la estimación de la exposición dietética fue de 743 µg/kg, que correspondía a un valor medio entre los valores reportados por INVIMA (INVIMA, 2018). Las cantidades de panela ingerida por cada niño fueron tomadas de los datos estimados descritos previamente. Se consideró el peso corporal de cada niño.

La fórmula aplicada para la exposición dietética fue la siguiente:

$$ED = \frac{\sum_{i=1}^n C_i * IR_i}{BW * 1000}$$

Donde:

ED= Exposición dietética

C_i= Concentración de acrilamida en el alimento i (µg/kg)

IR_i= La cantidad ingerida del alimento i (panela) en (g/día) para cada niño

BW= Peso corporal de cada niño

Para la estimación del Margen de exposición, aportado por panela, se aplicó la siguiente fórmula:

$$MOE = \frac{BMDL_{10}}{DE}$$

Donde:

MOE= Valor del margen de exposición

BMDL₁₀ = límite inferior de la dosis de referencia 10%. Como valor de referencia toxicológicos se tomó el valor de 0.17 mg Kg⁻¹ de peso corporal/día para efectos neoplásicos. (EFSA, 2015)

Análisis estadísticos

La caracterización de las poblaciones consumidoras de panela se ha analizado mediante el uso de estadísticos descriptivos para variables categóricas (frecuencias y porcentajes) y para variables continuas (medias, medianas y desviación típica). Se calcularon los percentiles 90 y 95 para los valores de exposición dietética.

Para establecer diferencias estadísticas entre grupos de sujetos (según sexo, regiones o cantidades de consumo) se utilizó la prueba de chi-cuadrado, en el caso de las variables categóricas, mientras que en caso de las variables continuas (IMC, peso, talla) se empleó la prueba de t-Student o bien pruebas estadísticas no paramétricos en variables con distribución normal y no normal, respectivamente. Para comprobar las asunciones de los usos de las pruebas estadísticas se analizaron los supuestos de normalidad (prueba de Kolmogorov-Smirnov) y de homocedasticidad o equivalencia de las varianzas (test de Levene) en cada una de las variables a analizar. Al no cumplirse ninguna de estas dos asunciones, se aplicó la prueba de ANOVA de Welch (test no paramétrico de

ANOVA de una vía). La significación estadística se estableció en un valor de $p < 0,05$. Los análisis se realizaron con SPSS versión 27 IBM para Windows.

III.4.2. RESULTADOS

Identificación de la población de estudio

La información aportada por la base de datos de la población de estudio se consolidó tras la identificación y depuración de estos. La tabla 4.2 presenta la distribución de la población consumidora y no consumidora de panela por grupos de edad (N=5424). El 65,5% de los niños fueron mayores de un año. El 39,5% de los niños son consumidores de panela. El porcentaje de niños menores de un año, consumidores fue del 18,8% y se incrementa hasta un 81,2% a partir de los 13 meses.

Tabla 4.2. Población colombiana menor de tres años consumidores y no consumidores de panela.

Grupo de edad	Población total	Consumidores de panela ¹	No consumidores de panela
	N= 5424 (%)	N=2140 (39,5%)	N= 3284 (60,5%)
0-6 meses	778 (14.3)	68 (3,2)	710 (21,6)
7-9 meses	590 (10.9)	150 (7,0)	440 (13,4)
10-12 meses	505 (9.3)	183 (8,6)	322 (9,8)
13-24 meses	1842 (34.0)	863 (40,3)	979 (29,8)
25-35 meses	1709 (31.5)	876 (40,9)	833 (25,4)

¹ se excluyen 23 niños con consumos atípicos (>Percentil99)

Características sociodemográficas de la población colombiana menor de tres años

La población total menor de 3 años (0-35 meses), registrada en la encuesta de consumo ENSIN 2015 estaba conformada por 5593 individuos con un recordatorio de R24h. Tras el proceso de depuración debido a la ausencia de algunos datos antropométricos y por exclusión de datos atípicos se consolidó una población total de 5524 individuos. La tabla 4.3 presenta las características sociodemográficas y antropométricas de esta población. La distribución porcentual entre los niños por género fue equitativa (50,4% niños y 49,6% niñas), predominan los mestizos (79,2%) sobre los grupos indígenas (10,1%) y población NARP o afro (9,6%). Aunque mayoritariamente se encuentra ubicada en zona urbana (73%) el porcentaje de encuestados que viven en zonas rurales es del 27%. Los niveles de pobreza son altos si se considera que la mitad de la población (51,5%) se ubica en el primer cuartil de riqueza. El 43,3% de los niños se encuentran en las regiones Atlántica y Central.

Al comparar los grupos de edad se encontraron diferencias significativas para las variables etnia, peso, talla, IMC y región.

Tabla 4.3. Características sociodemográficas de la población total estudiada menor de 36 meses (consumidores y no consumidores de panela).

N(%) o medias ±DE	Total	0-6 meses	7-9 meses	10-12 meses	13-24 meses	25-35 meses	p-valor
	N= 5424 (%)	N=778 (%)	N=590 (%)	N=505 (%)	N=1842 (%)	N=1709 (%)	
Género							0,470
Niños	2708(50,4)	414(53,2)	301(51,0)	249(49,3)	923(50,1)	844(49,4)	
Niñas	2684(49,6)	364(46,8)	289(49,0)	256(50,7)	919(49,9)	865(50,6)	
Edad ± DE	18,2±9,921	3,73±1,919	8,1±0,800	10,9±0,797	18,6±3,515	30,1±3,073	0,014
Etnia							0,132
Comunidad NARP	523(9,6)	67(8,6)	52(8,8)	55(10,9)	181(9,8)	168(9,8)	
Indígena	547(10,1)	44(5,7)	53(9,0)	57(11,3)	193(10,5)	200(11,7)	
Mestizos	4298(79,2)	657(84,4)	475(80,5)	392(77,6)	1453(78,9)	1321(77,3)	
No reporta	56(1,0)	10(1,3)	10(1,7)	1(0,6)	15(0,8)	20(1,2)	
Población							<0,001
Urbana	3959(73,0)	587(75,4)	446(75,6)	366(72,5)	1342(72,9)	1218(71,3)	
Rural	1465(27,0)	191(24,6)	144(24,4)	139(27,5)	500(27,1)	491(28,7)	
	10,5±3,13	6,82±2,93	8,57±1,17	9,2±1,23	10,8±3,03	12,8±1,80	
Peso(kg) ± SD							<0,001
Talla (cm) ± SD	78,3±10,17	62,80±7,59	69,88±3,74	76,7±3,19	79,9±4,73	88,1±5,21	<0,001
IMC (kg/m²) ± SD	16,9±4,23	17,1±7,07	17,52±1,93	17,38±1,68	17,38±1,68	16,4±1,75	<0,001
							0,471
Nivel de riqueza							<0,001
Primer cuartil	2816(51,9)	403(51,8)	291(49,3)	271(53,7)	951(51,6)	900(52,7)	
Segundo cuartil	1398(25,8)	192(24,7)	155(26,3)	133(26,3)	483(22,6)	435(25,5)	
Tercer cuartil	876(16,2)	140(18,0)	105(17,8)	75(14,9)	290(15,7)	266(15,6)	
Cuarto cuartil	334(6,2)	43(5,5)	39(6,6)	26(5,1)	118(6,4)	108(6,3)	
Región							
Atlántica	1314(24,2)	286(36,8)	182(30,8)	151(29,9)	351(19,1)	344(20,1)	
Bogotá	345(6,4)	42(5,4)	31(5,3)	26(5,1)	136(7,4)	110(6,4)	
Central	1163(21,4)	169(21,7)	123(20,8)	103(20,4)	395(21,4)	373(21,8)	
Oriental	771(14,2)	64(8,2)	76(12,9)	68(13,5)	285(15,5)	278(16,3)	
Orinoquía- Amazonía	1003(18,5)	122(15,7)	96(16,3)	71(14,1)	369(20,0)	345(20,2)	
Pacífica	828(15,3)	95(12,2)	82(13,9)	86(17,0)	306(16,6)	259(15,2)	

¹Las diferencias entre los grupos de edad se evaluaron mediante la prueba de chi-cuadrado o prueba Welch's ANOVA) cuando correspondía.

Las características sociodemográficas de la población consumidora de panela se recogen en la tabla 4.4.

Los niños consumidores de panela fueron 2140, es decir el 39,5%. La etnia predominante es la mestiza (81,8%), y en menor proporción se encuentran la indígena (9,02%) y población NARP (8,65%). La mayoría de los niños viven en zonas urbanas (65,6%) y pertenecen al cuartil más bajo de riqueza (54,8%). Estos porcentajes son ligeramente diferentes a los porcentajes reportados para la

población total (73% de población rural y 51,9% de niños en el primer cuartil de riqueza). La mayor población encuestada se encuentra en la región Central.

Al comparar las variables por grupos de edad solo se hallaron diferencias significativas en peso, talla e IMC.

Tabla 4.4. Características sociodemográficas de la población colombiana menor de 3 años, consumidora de panela.

N(%) o medias \pm DE	Total	0-6 meses	7-9 meses	10-12 meses	13-24 meses	25-35 meses	p-valor ¹
	N = 2140 (%)	N = 68 (%)	N = 150 (%)	N = 183 (%)	N = 863 (%)	N = 876 (%)	
Género							0,901
Niños	1099 (51,4)	34 (50,0)	79 (52,7)	99 (54,1)	445 (51,6)	442 (50,5)	
Niñas	1041 (48,6)	34 (50,0)	71 (47,3)	84 (45,9)	418 (48,4)	434 (49,5)	
Edad (meses) \pmDE	21.5 \pm 8.45	4.9 \pm 1.22	8.2 \pm 0.78	11.0 \pm 0.79	18.8 \pm 3.44	29.9 \pm 3.05	
Etnia							0,222
NARP ²	185 (8,65)	5 (7,36)	11 (7,33)	23 (12,6)	69 (8,00)	77 (8,79)	
Indígenas	193 (9,02)	2 (2,94)	11 (7,33)	13 (7,10)	77 (8,92)	90 (10,3)	
Mestizos	1750 (81,8)	61 (89,7)	127 (84,7)	147 (80,3)	712 (82,5)	703 (80,3)	
No reportan	12 (0,53)	0 (0)	1 (0,64)	0 (0)	5 (0,58)	6 (0,61)	
Población							0,778
Urbana	1404 (65,6)	41 (60,3)	97 (64,7)	126 (68,9)	566 (65,6)	574 (65,5)	
Rural	736 (34,4)	27 (39,7)	53 (35,3)	57 (31,1)	297 (34,4)	302 (34,5)	
Peso(kg) \pmDE	11,2 \pm 2,20	7,61 \pm 1,22	8,46 \pm 1,11	9,24 \pm 1,26	10,7 \pm 1,49	12,8 \pm 1,75	< 0,001
Talla (cm) \pm DE	81,6 \pm 8,07	68,3 \pm 14,2	69,7 \pm 3,35	72,9 \pm 3,26	80,0 \pm 4,59	88,1 \pm 4,48	< 0,001
IMC (kg/mt²) \pmDE	16,7 \pm 1,78	17,0 \pm 2,99	17,4 \pm 1,92	17,4 \pm 1,69	16,7 \pm 1,70	16,5 \pm 1,66	< 0,001
Nivel de riqueza							0,355
Primer cuartil	1173 (54,8)	46 (67,6)	81 (54,0)	98 (53,6)	469 (54,3)	479 (54,7)	
Segundo cuartil	528 (24,7)	17 (25,0)	40 (26,7)	49 (26,8)	211 (24,4)	211 (24,1)	
Tercer cuartil	325 (15,2)	5 (7,40)	22 (14,7)	31 (16,9)	134 (15,5)	133 (15,2)	
Cuarto cuartil	114 (5,30)	0 (0)	7 (4,60)	5 (2,70)	49 (5,80)	53 (6,00)	
Región							0,483
Atlántica	199 (9,30)	10 (14,7)	18 (12,0)	20 (10,9)	74 (8,60)	77 (8,80)	
Bogotá	128 (6,00)	1 (1,50)	7 (4,70)	9 (4,90)	58 (6,70)	53 (6,10)	
Central	675 (31,5)	23 (33,8)	45 (30,0)	58 (31,7)	264 (30,6)	285 (32,5)	
Oriental	417 (19,5)	8 (11,8)	32 (21,3)	31 (16,9)	174 (20,2)	172 (19,6)	
Orinoquía - Amazonía	379 (17,7)	16 (23,5)	26 (17,3)	26 (14,2)	151 (17,5)	160 (18,3)	
Pacífica	342 (16,0)	10 (14,7)	22 (14,7)	39 (21,4)	142 (16,4)	129 (14,7)	

¹Las diferencias entre los grupos de edad se evaluaron mediante la prueba de chi-cuadrado o prueba Welch's ANOVA cuando correspondía.

Las características sociodemográficas de la población no consumidora de panela se recogen en la tabla 4.5. Sus características son similares a la de la población total en cuanto a distribución porcentual equitativa entre niños (49,7%) y niñas (50,3%), predominio de la etnia mestiza (77,6%), ubicación de la mitad de la población en el primer cuartil de riqueza (50%) y tipo de población (77,8%). A diferencia de las otras poblaciones los no consumidores se ubican principalmente en las

regiones Atlántica y Orinoquía-Amazonía. Se encontraron diferencias significativas (p-valor <0,05) para las variables región, etnia, peso, talla e IMC.

Tabla 4.5. Características sociodemográficas de población colombiana menor de 36 meses, no consumidora de panela.

N(%) o medias ±DE	Total	0-6 meses	7-9 meses	10-12 meses	13-24 meses	25-35 meses	p-valor
	<i>N= 3284 (100%)</i>	<i>N= 710 (%)</i>	<i>N=440 (%)</i>	<i>N=322 (%)</i>	<i>N=979 (%)</i>	<i>N=833 (%)</i>	
Género							0.165
Niños	1632(49.7)	380(53.5)	222(50.5)	150(46.6)	478(48.8)	402(48.3)	
Niñas	1652(50.3)	330(46.5)	218(49.5)	172(53.4)	501(51.2)	431(51.7)	
Edad (meses) ±DE	16.1±10.22	3.62±1.93	8.1±0.80	10.9±0.79	18.5±3.57	30.2±3.09	
Etnia							0.002
Comunidad NARP	338 (10.3)	62(8.7)	41(9.3)	32(9.9)	112(11.4)	91(10.9)	
Indígena	354 (10.8)	42(5.9)	42(9.5)	44(13.7)	116(11.8)	110(13.2)	
Mestizos	2548 (77.6)	596(83.9)	348(79.1)	245(76.1)	741(75.7)	618(74.2)	
No reporta	44(1.3)	10(1.4)	9(2.0)	1(0.3)	10 (1.0)	14(1.7)	
Población							0.375
Urbana	2555 (77.8)	546 (76.9)	349(79.3)	240(74.5)	776(79.3)	644(77.3)	
Rural	729(22.2)	164(23.1)	91(20.7)	82(25.5)	203(20.7)	189(22.7)	
Peso(g) ±DE	9.99±3.53	6.8±3.03	8.6±1.18	9.2±1.23	10.9±3.92	12.8±1.85	<0.001
Talla (cm)±DE	76.12±10.78	62.3±6.39	70.0±3.87	72.60±3.16	79.83±4.86	88.2±5.88	<0.001
IMC (kg/mt²) ±DE	17.03±5.24	17.15±7.34	17.6±1.93	17.4±1.68	17.1±6.86	16.41±1.85	0.001
Nivel de riqueza							0.070
Primer cuartil	1643 (50.0)	357(50.3)	210(47.7)	173(53.7)	482(49.2)	421(50.5)	
Segundo cuartil	870 (26.5)	175(24.6)	115(26.1)	84(26.1)	272(27.8)	224(26.9)	
Tercer cuartil	551 (16.8)	135(19.0)	83(18.9)	44(13.7)	156(15.9)	133(16.0)	
Cuarto cuartil	220 (6.7)	43(6.1)	32(7.3)	21(6.5)	69(7.0)	55(6.6)	
Región							0.032
Atlántica	1115(34)	276(38.9)	164(37.3)	131(40.7)	277(28.3)	267(32.1)	
Bogotá	217 (6.6)	41(5.8)	24(5.5)	17(5.3)	78(8.0)	57(6.8)	
Central	488 (14.9)	146(20.6)	78(17.7)	45(14.0)	131(13.4)	88(10.6)	
Oriental	354(10.8)	56(7.9)	44(10.0)	37(11.5)	111(11.3)	106(12.7)	
Orinoquía-Amazonía	624 (19.0)	106(14.9)	70(15.9)	45(14.0)	218(22.3)	185(22.2)	
Pacífica	486(14.8)	85(12.0)	60(13.6)	47(14.6)	164(16.8)	130(15.6)	

¹Las diferencias entre los grupos de edad se evaluaron mediante la prueba de chi-cuadrado o prueba Welch's ANOVA cuando correspondía.

Consumo de panela

El consumo de panela, estimado en valores medios y medianas, y expresados en gramos/día, para cada uno de los grupos de edad se recoge en la tabla 4.6. Los consumos medios se estimaron tanto para la población total (consumidores y no consumidores) como para la población consumidora. El valor obtenido para la población total es inferior porque considera en la estimación a los no consumidores (17,10±33,79g/día) en relación con el obtenido para los niños consumidores (43,32±41,94 g/día). Este comportamiento es similar para todos los grupos de edad. Como era de esperar, conforme se incrementa la edad, se incrementa la cantidad de panela consumida. Se destaca el alto valor de consumo estimado para los niños consumidores de panela, entre 0 y 6 meses, (49,86 g/día). La mediana para población total fue de 0 y para población consumidora fue de 31,31 g/día.

Tabla 4.6. Consumo de panela (g/día) por niños menores de 3 años.

Población	Media consumidores y no consumidores (g±DE)	Media consumidores (g±DE)	Mediana consumidores y no consumidores (g)	Mediana consumidores (g)	p-valor
0-6 meses	4.36±22.85	49.86±61.28	0.00	27.5	<0.001
7-9 meses	9.42±26.07	37.06±40.69	0.00	21.6	<0.001
10-12 meses	13.36±28.48	36.88±37.06	0.00	21	<0.001
13-24 meses	20.19±35.41	43.11±41.10	0.00	27.5	<0.001
25-35 meses	23.30±37.64	45.46±41.91	4.53	31.31	<0.001
Total	17.1±33.79	43.32±41.94	0.00	27.5	

Características de las preparaciones

Para su estudio y análisis las preparaciones con panela se agruparon en seis categorías. Se estimaron las cantidades medias de adición de panela, para cada categoría de preparaciones, considerando las cantidades de adición reportadas por cada sujeto que hubiese consumido este tipo de preparación por grupo de edad. En la figura 4.2 se visualizan estas cantidades detalladas por grupos de edad. En los primeros 12 meses las preparaciones corresponden principalmente a bebidas tipo agua de panela, coladas y algunas masas. A partir del año, las preparaciones se diversifican y junto con las preparaciones mencionadas se incluyen bebidas de café o chocolate, leche y bebidas fermentadas endulzadas con panela; bebidas elaboradas con frutas endulzadas con panela. Las coladas son las preparaciones a las que se les incorpora mayor cantidad de panela (20-28 g), seguidas de bebidas de agua de panela (13,4-27 g). Las compotas o potitos y las papillas incorporan las cantidades más bajas (5,3- 9,5 g). Las preparaciones (bebidas tipo agua endulzadas y bebidas tipo coladas) son las que porcentualmente muestran más registros en la encuesta ENSIN 2015 para menores de 3 (figura 4.3).

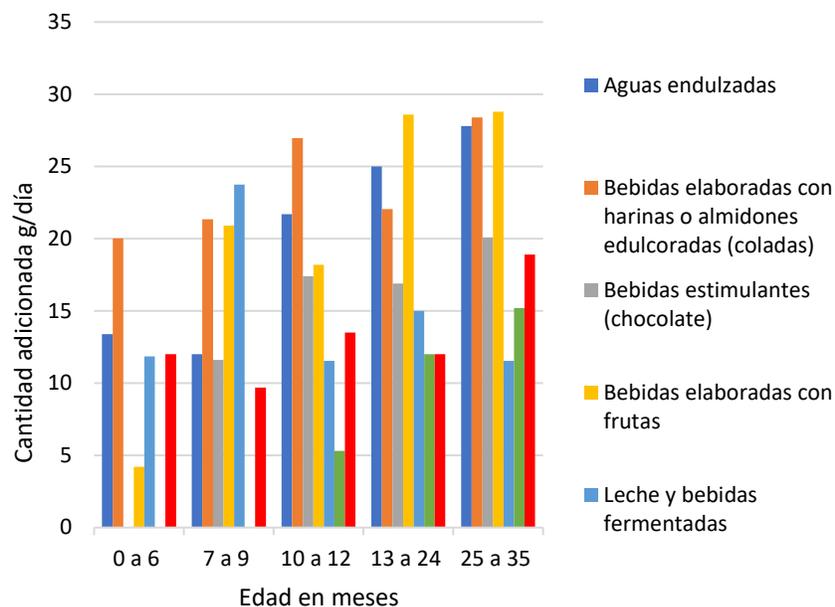


Figura 4.2. Cantidad media (g) de panela utilizada como ingrediente de bebidas y preparaciones en población colombiana menor de 36 meses

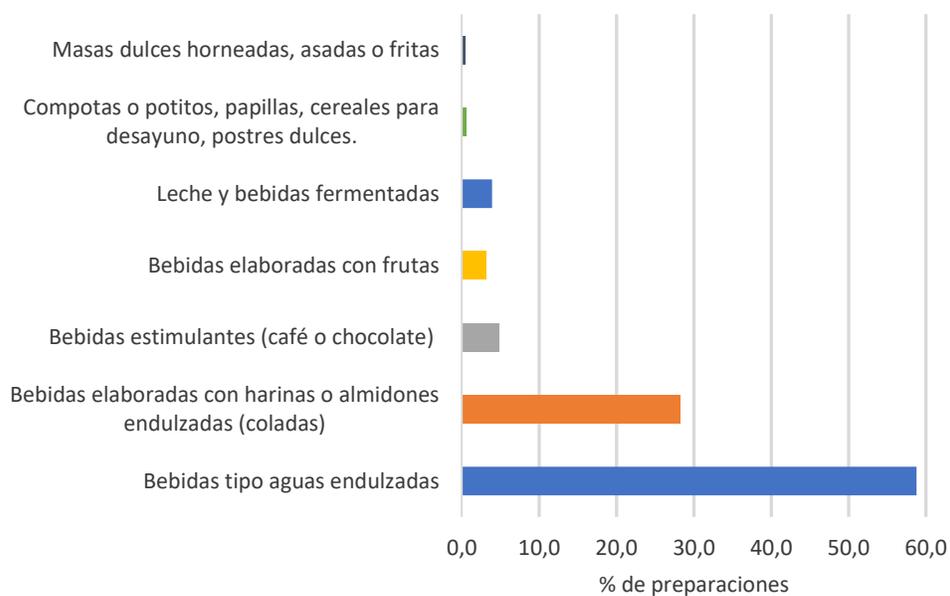


Figura 4.3. Porcentaje de preparaciones con panela (registros) recogidos en la encuesta ENSIN 2015 para la población colombiana menor de 36 meses.

Consumo de preparaciones

En la tabla 4.7 se recogen las cantidades medias de panela consumidas para cada tipo de preparación por parte de los niños consumidores de panela (N=2140). Se observa que la mayor cantidad de adición se realiza en las preparaciones tipo aguas endulzadas con panela (5,4 a 38,1 g) y coladas (9,2 a 23,5 g). En menor proporción se consumen jugos de frutas (0,1 a 1,3 g) con leche y bebidas lácteas fermentadas (1,9 a 2,7 g), bebidas tipo chocolate (0,2 a 2,7). Las cantidades consumidas a través de masas, compotas, dulces y postres son muy bajas (inferiores a 1 gramo).

Tabla 4.7. Cantidad de panela (expresada en gramos) ingerida por población consumidora de panela por preparación y según grupo de edad.

Edades	Agua con panela	Coladas	Bebidas estimulantes (chocolate)	Zumos y jugos de frutas	Masas dulces horneadas, asadas o fritas	Compotas o potitos	Dulces, postres dulces	Leche y bebidas
	N=1567 ¹	N=561 ²	N=182 ³	N= 107 ⁴	N=24 ⁵	N=20 ⁶	N=27 ⁷	N=99 ⁸
0-6 meses								
Media(\bar{X})	5,4	23,5	0,2	0,1	0,2	0	0	2,1
Mediana (Me)	0	0	0	0	0	0	0	0
7-9 meses								
Media(\bar{X})	12,1	15,1	1,4	0,7	0,3	0,1	0,5	2,1
Mediana (Me)	4,2	0	0	0	0	0	0	0
10-12 meses								
Media(\bar{X})	14,6	17	1,9	0,7	0,4	0	0,1	1,9
Mediana (Me)	8,9	0	0	0	0	0	0	0
13-24 meses								
Media(\bar{X})	21	13,7	2,5	1,2	0,2	0	0,2	2,7
Mediana (Me)	12	0	0	0	0	0	0	0
25-35 meses								
Media(\bar{X})	38,1	9,2	2,7	1,3	0,5	0	0,4	1,7
Mediana (Me)	18,1	0	0	0	0	0	0	0

En la tabla 4.8 se detalla las cantidades medias consumidas, considerando solamente los niños consumidores de cada tipo de preparación con panela (ej. niños que consumen panela a partir de la preparación agua de panela o niños que consumen panela a partir de las coladas etc.), según grupo de edad. Los valores son más altos en relación con los presentados en la tabla 6 donde se estimaban los estadísticos considerando la totalidad de niños consumidores de panela. La mayor cantidad de niños consumieron aguas endulzadas con panela (N=1567) y coladas (N=561). En menor proporción se encontraron los niños consumidores de café o chocolate endulzado con panela (N=182) y zumos y jugos de fruta (N=107), leche y bebidas lácteas fermentadas (N=99). El número de consumidores para las otras preparaciones fue muy bajo: dulces y postres (N=27); masas horneadas, asadas o fritas

(N= 24) y compotas (N=20). Al considerar el consumo, solo entre consumidores de cada categoría, se encuentra que se consume más panela con preparaciones tipo coladas, leche, bebidas estimulantes y aguas con panela. Las coladas fueron las preparaciones que mayor cantidad de panela aportan para todos los grupos de edad disminuyendo desde 60,1g/d para el grupo de 0-6 meses hasta 40,8 g/d por los de 25-35 meses. Sin embargo, el agua de panela aumenta con la edad desde 13,4 g/día hasta 38,1 g/d para los grupos de 0-6 meses a 25-35 meses respectivamente.

Tabla 4.8. Cantidad de panela (expresada en gramos) ingerida por los niños consumidores de cada tipo de preparación según grupos de edad.

Edades	Agua con panela	Coladas	Bebidas estimulantes (chocolate)	Zumos y jugos de frutas	Masas dulces horneadas, asadas o fritas	Compotas o potitos	Dulces, postres dulces	Leche y bebidas
	N=1567 ¹	N=561 ²	N=182 ³	N= 107 ⁴	N=24 ⁵	N=20 ⁶	N=27 ⁷	N=99 ⁸
0-6 meses								
Media(\bar{X})	13,4	60,1	10,6	4,2	12	0	0	35,6
Mediana (Me)	12	53,9	10,6	4,2	12	0	0	23,7
7-9 meses								
Media(\bar{X})	21,7	42,7	17,5	20,9	9,7	9,2	26	45
Mediana (Me)	14,13	33,1	10,4	21,6	9,4	9,2	6,3	47,5
10-12 meses								
Media(\bar{X})	21,9	53,9	27,5	18,2	13,5	0	10,7	38,7
Mediana (Me)	13,3	45,6	21,6	6,9	6,5	0	10,8	23,1
13-24 meses								
Media(\bar{X})	30,9	44,1	20,7	24,6	12	12	15,4	40,6
Mediana (Me)	21,5	33,1	15	18,2	10,4	12	10,3	30
25-35 meses								
Media(\bar{X})	38,1	40,83	20,1	28,8	18,9	0	19,8	31,2
Mediana (Me)	24,9	28,5	15,4	21,6	17,2	0	21,6	23,1

¹ 0-6 meses: 30 niños; 7-9 meses: 94 niños; 10-12 meses: 128; 13-24 meses: 620 niños y 25-35 meses: 695 niños

² 0-6 meses: 36 niños; 7-9 meses: 53 niños; 10-12 meses: 55; 13-24 meses: 233 niños y 25-35 meses: 184 niños

³ 0-6 meses: 1 niño; 7-9 meses: 8 niños; 10-12 meses: 11; 13-24 meses: 78 niños y 25-35 meses: 84 niños

⁴ 0-6 meses: 1 niño; 7-9 meses: 6 niños; 10-12 meses: 7 niños; 13-24 meses: 47 niños y 25-35 meses: 46 niños

⁵ 0-6 meses: 0; 7-9 meses: 2 niños; 10-12 meses: 1 niño; 13-24 meses: 9 niños y 25-35 meses: 12 niños

⁶ 0-6 meses: 0; 7-9 meses: 1 niño; 10-12 meses: 9 niños; 13-24 meses: 10 niños y 25-35 meses: 0

⁷ 0-6 meses: 0; 7-9 meses: 0; 10-12 meses: 1 niño; 13-24 meses: 9 niños y 25-35 meses: 17 niños

⁸ 0-6 meses: 3 niños; 7-9 meses: 6 niños; 10-12 meses: 7 niños; 13-24 meses: 45 niños y 25-35 meses: 38 niños

Estimación de la exposición dietética

La media de exposición dietética para la población infantil, menor de 36 meses, aportada por panela, fue de 1,09 $\mu\text{g}/\text{kg}/\text{día}$. Los valores estimados para los percentiles 90 y 95 fueron de 3,71 y 6,17 $\mu\text{g}/\text{kg}/\text{día}$ respectivamente. La concentración de AA utilizada para la estimación de la exposición dietética fue de 743 $\mu\text{g}/\text{kg}$. En la figura 4.4 se observa la ingesta de AA en μg por kg de peso corporal discriminada para los percentiles 90 y 95. La exposición dietética para el grupo de 0-6 meses es de 0,27 $\mu\text{g}/\text{kg}/\text{día}$ y para 2-3 años de 1,31 $\mu\text{g}/\text{kg}/\text{día}$. A partir del año la media de exposición dietética sube a 1,3 $\mu\text{g}/\text{kg}/\text{día}$. La exposición puede alcanzar valores superiores 6 $\mu\text{g}/\text{kg}/\text{día}$ a partir de los 10 meses para el percentil 95.

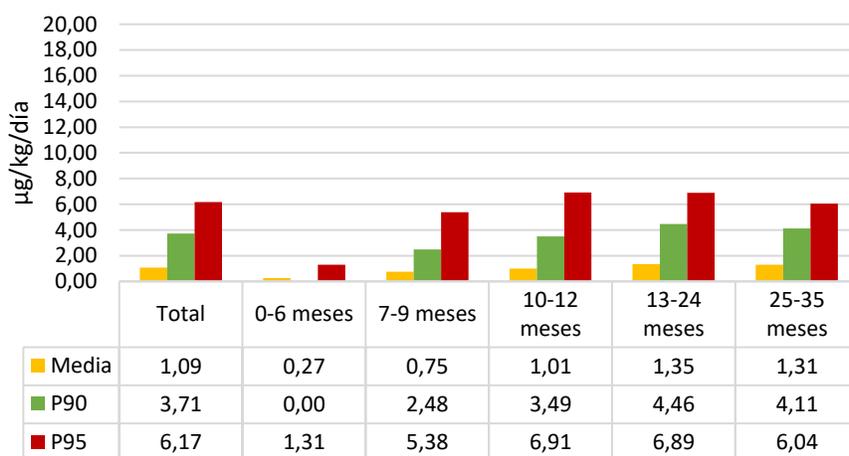


Figura 4.4. Exposición dietética de AA por consumo de panela en población total (según percentil de ingesta).

En la figura 4.5 se observa que el grupo de niños consumidores de panela, menor a 36 meses, tiene una exposición dietética a acrilamida casi tres veces más alta. Esto es similar para todos los grupos de edad. Para la población que se ubica en los percentiles 90 y 95 este valor se incrementa considerablemente en el grupo de 0-6 meses.

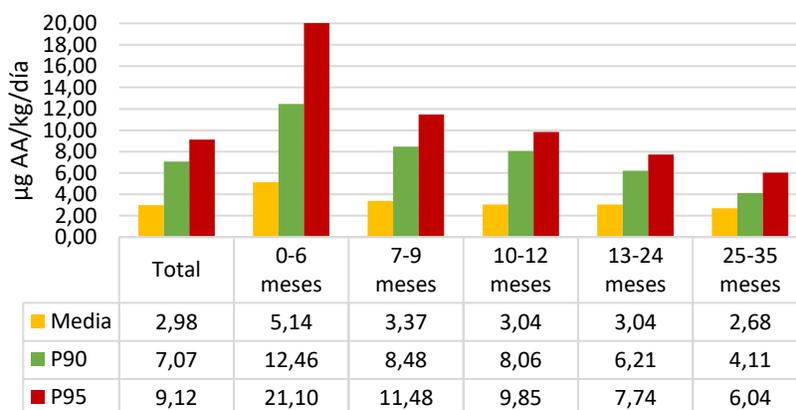


Figura 4.5. Exposición dietética de AA en población consumidora de panela (según percentil de ingesta) por grupos de edad

Para evaluar la contribución de la exposición dietética se consideró el rango de la dosis establecido por la EFSA, en el que la AA presenta más probabilidad de causar una pequeña pero apreciable incidencia de tumores (llamado efecto neoplásico). El límite mínimo de ese rango ha sido determinado en un BMDL₁₀ de 0,17 mg/kg peso corporal/día (EFSA, 2015). A partir de estos valores, se estimó el margen de exposición dietética (MOE) que permite establecer un “nivel de preocupación sanitaria” (AECOSAN, 2017). En la tabla 4.9 se detallan los valores de contribución de la panela al margen de exposición dietética por acrilamida en la población total menor de 36 meses; los valores oscilaron entre 130 y 634 entre los “consumidores extremos”, y entre 24 y 130 para los ubicados en el percentil 95. Estos datos son muy inferiores a 10.000, valor mínimo que la EFSA considera como seguro. Es importante reseñar que el MOE es un concepto poblacional que considera la totalidad de alimentos consumidos en la dieta y este estudio solo incluye la AA aportada por el ingrediente “panela” que encuentra en diferentes preparaciones por lo que no estimaría el valor MOE de la dieta propiamente dicha.

Tabla 4.9. Estimación de la contribución de la ingesta media de panela al Margen de Exposición Dietética, MOE (BMD L₁₀=0,17 mg/Kg peso/día)¹ según grupos de edad en población total menor de 36 meses.

	Total	0-6 meses	7-9 meses	10-12 meses	13-24 meses	25-35 meses
Media	157	634	228	167	126	130
P95	28	130	31	24	25	28

¹ valor de referencia tomado de EFSA, 2015.

III.4.3 DISCUSIÓN

La panela es un alimento tradicional colombiano que frecuentemente se incorpora a la dieta desde edad temprana y cuyo consumo recurrente da lugar a un hábito alimentario a lo largo de la vida. La panela es producida principalmente por familias campesinas, de forma artesanal y genera gran cantidad de puestos de trabajo en los 28 de los 32 departamentos del país; razón por la cual se le considera la segunda agroindustria más importante después del café. Colombia es el segundo productor mundial de panela después de la India. El 99% de la producción total de panela, estimada en 1,5 millones de toneladas, se destina para consumo interno (MinAgricultura, 2021).

En lo que respecta a su consumo per cápita, este se ha reducido en los últimos 15 años de 32 a 22 kilos; a pesar de esta disminución, el país sigue siendo uno de los mayores consumidores de panela en el mundo. Las entidades gubernamentales y gremiales han propuesto políticas para incrementar la producción, el consumo y exportación de panela. Las estrategias para recuperar los niveles de producción incluyen la tecnificación, el mejoramiento de los lugares de producción o trapiches, la diversificación del producto como parte del patrimonio alimentario y la implementación de prácticas orientadas a la sostenibilidad ambiental y a la protección de la salud del consumidor referida al proceso de elaboración de panela (Fedepanela, 2020).

La panela es un alimento que se utiliza como endulzante tradicional cuya importancia económica se ha consolidado, debido en parte a un largo proceso de desplazamiento del consumo del azúcar

refinado. Este producto se obtiene por evaporación y concentración del jugo de caña de azúcar, con una humedad promedio baja ($8,7\pm 0,8\%$ para panela en bloque y de $3,1\pm 1,1$ para panela granulada)(Gómez-Narváez et al., 2019). El producto contiene un 90% de carbohidratos(ICBF, 2018) y de estos, entre el 73-83% corresponden a sacarosa y entre 5,5%-12% a azúcares reductores (glucosa y fructosa)(Gutiérrez-Mosquera et al., 2018). En razón a estos valores el aporte de este alimento a la dieta es principalmente energético. En menor proporción la panela posee un contenido en aminoácidos, vitaminas y minerales superior al azúcar común. La presencia de compuestos bioactivos ha sido explorada pero se requiere continuar con su caracterización, comprensión de las vías de formación, los cambios que experimentan durante la fabricación y almacenamiento para establecer sus potencialidades funcionales y obtener mayor evidencia sobre sus efectos en la salud (Jaffé, 2015).

El estudio realizado se centró en analizar el consumo de panela en población menor de 36 meses en la cual es fundamental una alimentación que no solo cubra las necesidades de energía y nutrientes para el adecuado crecimiento y desarrollo del niño, sino que sea inocua y libre de contaminantes que puedan poner en riesgo la salud. Es de anotar que durante los primeros años de vida tienen lugar interacciones entre las prácticas alimentarias de los padres y la predisposición genética de los niños que influyen en el comportamiento alimentario, las preferencias alimentarias y el estado nutricional del individuo a lo largo de su vida(Nicklaus & Remy, 2013) (Daniels, 2019). Este, es el primer estudio realizado en población infantil colombiana menor de un año que estima el consumo de acrilamida a partir de la panela y sus preparaciones. Los estudios de exposición a acrilamida de niños lactantes y de corta edad (1-3 años) son muy limitados.

Recientemente, la OMS ha referido que aproximadamente el 40% de los lactantes de 0 a 6 meses se alimentan exclusivamente con leche materna y que son pocos los niños que reciben alimentación complementaria segura y adecuada desde el punto de vista nutricional. De hecho, menos de un cuarto de los niños de 6 a 23 meses cumplen con los criterios de diversidad y frecuencia de alimentos de la dieta apropiados para su edad(OMS, 2021). En Colombia se ha estimado una prevalencia de lactancia materna exclusiva del 43% en menores de 6 meses. Los factores que afectan a la interrupción de la lactancia son el retorno a la vida laboral, nuevo embarazo y la introducción temprana de otros alimentos(Finnie et al., 2019).

El 24,5% de los niños inician la alimentación complementaria a partir del 4º mes y según los datos reportados por la ENSIN esta alimentación es de baja calidad(ICBF, 2020). A partir de los seis meses el consumo de frutas y verduras es poco frecuente y se incluyen cereales, alimentos fuente de proteína como carne, pollo o pescado y alimentos líquidos no lácteos como agua, jugos y agua de panela(ICBF & FAO, 2020). En este estudio el 18,8% de los niños menores de un año son consumidores de panela y este porcentaje se incrementó hasta el 81,3% a partir del año.

Los lactantes y niños de corta edad se consideran grupos de población muy sensibles a los contaminantes. Los estudios de exposición a acrilamida realizados en diferentes países con varios grupos de edad mostraron niveles de exposición más elevados en lactantes (0-1 año) y en niños de

corta edad (1-3 años); por lo que constituyen los grupos de edad más expuestos a acrilamida (Hilbig et al., 2004; Mojska et al., 2012; EFSA, 2015; Mielech et al., 2021). La mayor sensibilidad se atribuye a que tienen patrones de consumo diferentes a los adultos y comúnmente ingieren alimentos en los que se ha detectado la presencia de acrilamida. Además, debido al menor peso corporal y a una mayor ingesta dietética por kilogramo de peso, la exposición a la acrilamida es mayor en bebés y niños en comparación con los adultos. Por lo tanto, la acrilamida se considera una preocupación para este grupo de edad, por ser la población más vulnerable a la acrilamida (Pelin & Gunduz, 2022)

En ese contexto, el control de la acrilamida en los alimentos para bebés y niños, la evaluación de la exposición y riesgo para este grupo de edad y la implantación de medidas que mitiguen su formación, así como el progreso en las regulaciones actuales y recomendaciones dietéticas que reduzcan el consumo de acrilamida tienen una importancia primordial en población infantil colombiana menor de tres años.

En este estudio, la población consumidora de panela representó el 39,5% de los niños de la muestra estudiada y sus características sociodemográficas eran similares a las de la población total; con un ligero aumento del porcentaje de pobreza (54,8%) y una mayor población en las regiones Central y Oriental. La ENSIN 2015 refiere que el consumo de azúcares en la región Central duplica a la del resto del país (ICBF, 2020).

El consumo medio de panela para la población total encuestada fue de 17,1 g/d y para los niños consumidores de panela de 43,3 g/d. En el grupo de 0-6 meses el consumo de panela supera los 40 g/d, valor que es similar al de los niños mayores de 13 meses. La ENSIN incluye en su encuesta a la población menor de 1 año, pero no ha publicado aún los datos relativos al consumo de alimentos de la población menor de 1 año. Estudios futuros deberían aportar información sobre el consumo de alimentos de este grupo, debido a su mayor vulnerabilidad. El consumo medio de panela reportado por la encuesta ENSIN para niños entre 1-4 años fue de 49,5 g/d y de 277 g/día de agua de panela (ICBF, 2020).

La mayor incorporación de panela se incrementa con la edad, debido a la inclusión de una mayor variedad de preparaciones. En el primer año, las preparaciones a las que se les adiciona panela corresponden principalmente a coladas, leche y agua de panela. Paulatinamente se integran otros alimentos endulzados con panela, como jugos o zumos, bebidas de chocolate, compotas y masas fritas.

Recientemente, se han publicado en Colombia y otros países estudios sobre la formación y contenido de acrilamida en panela (Vargas Lasso, *et al.*, 2015; Barón Cortes, 2021; Gómez-Narváez *et al.*, 2019; Henao *et al.*, 2021; INVIMA, 2018). El motivo de estos estudios fue diverso, por una parte la administración colombiana pidió al Codex elaborar la Norma Internacional sobre Panela, a raíz de la cual se planteó la necesidad previa de valorar el contenido de acrilamida en este alimento, sus fuentes de exposición y el posible riesgo para la salud (Ministerio de Salud, 2012). Por otro lado, la Unión Europea a efecto de importación recomendó a Colombia reducir las cantidades de acrilamida al menos a niveles no superiores 500 µg/kg (Comisión Europea, 2017).

Se han determinado los niveles en diferentes etapas del proceso productivo y en diferentes presentaciones del producto. Los valores medios de acrilamida encontrados en muestras de panela son relativamente altos oscilan entre 401-2200 ppb (Vargas-Lasso, 2015; Henao et al., 2021) y comparables con las mayores fuentes de acrilamida en alimentos de la dieta de países europeos, como patatas fritas y café (AECOSAN, 2017). No obstante, es importante referir que los valores estimados son muy variables, entre 60 y 3058 ppb para panela granulada (Gómez-Narváez et al., 2019), condición que influye en los niveles de exposición dietética y riesgo estimados.

Recientemente se ha publicado una revisión sistemática y los niveles de exposición dietética con el fin de aportar elementos regulatorios. (Pelín & Gunduz, 2022). Este estudio recoge contenidos de acrilamida en alimentos infantiles.; los niveles de acrilamida en alimentos infantiles colombianos fueron muy superiores a los reportados por otros países. (Pelín & Gunduz, 2022). Las galletas infantiles presentaron valores de 1104 $\mu\text{g}/\text{kg}$. (Pacetti en 2015). Los niveles de referencia de acrilamida para alimentos para lactantes y niños de corta edad publicados por la EFSA, (EFSA, 2017) fueron para alimentos elaborados a base de cereales para lactantes y niños de corta edad, 40 $\mu\text{g}/\text{kg}$ y para galletas y biscotes 150 $\mu\text{g}/\text{kg}$.

Para la estimación de la exposición a acrilamida procedente de panela, se consideró el valor medio de acrilamida (743 $\mu\text{g}/\text{kg}$) determinada en diversas muestras recolectadas en los años 2015 y 2016 (INVIMA, 2018). El valor medio de exposición dietética a partir de la ingesta de una encuesta de R24h, obtenido para la población total (5424 niños) fue de 1,09 $\mu\text{g}/\text{kg}$ pc/d. No obstante, si se hubiese estimado el valor de exposición dietética de acuerdo con el valor medio aportado por 40 muestras analizadas en España, procedentes de Colombia y Perú (520 $\mu\text{g}/\text{kg}$); el valor de exposición sería 0,89 $\mu\text{g}/\text{kg}$ pc/día. El valor medio de exposición dietética para consumidores fue de 2,98 $\mu\text{g}/\text{kg}$ pc/d. Los resultados de exposición obtenidos a partir de ENSIN, 2015 por Henao en el grupo de niños colombianos, entre 1 y 4 años, con un consumo medio de panela estimado de 49,6 g/d, fue de 1,45 $\mu\text{g}/\text{kg}$ peso/día y para el P95 de 3,29 $\mu\text{g}/\text{kg}$ peso/día (Henao et al., 2021). Este estudio, muestra algunas diferencias con nuestros valores de exposición; no incluye la población de 0-1 año con consumos inferiores y si los de 3-4 años con consumos mayores, el valor de acrilamida utilizado es de 401 $\mu\text{g}/\text{kg}$, mientras que nuestro estudio ha aplicado 743 $\mu\text{g}/\text{kg}$ y el peso de los niños muestra en ambos estudios diferencias. Si utilizamos el valor de referencia de acrilamida utilizado por Henao y el mismo peso, nuestros valores son similares.

Nuestros valores son superiores a los publicados para la exposición dietética completa de niños de Estonia de 4-11 meses (0-12-0,80 $\mu\text{g}/\text{kg}/\text{d}$). Para los consumidores del P95 la exposición dietética, como era de esperarse se incrementa con la edad; sin embargo, en el grupo de 25 a 35 meses se observa una leve reducción de la exposición al incrementar el peso de los niños. Aunque la evaluación del margen de exposición (MOE) se estima considerando la totalidad de alimentos consumidos por la dieta, los niveles de exposición encontrados para panela, en este grupo de edad, sugieren un aporte importante de este alimento al riesgo y por tanto la necesidad de implementar estrategias que reduzcan los niveles de acrilamida a este alimento.

Los valores de contribución de la panela al margen de exposición dietética en la población total menor de 36 meses oscilaron entre 130 y 634 y para los “consumidores extremos” ubicados en el

P95, entre 24 y 130. Estos datos son muy inferiores a 10.000, valor mínimo que la EFSA considera como seguro. Es importante reseñar que el MOE es un concepto poblacional que considera la totalidad de alimentos consumidos en la dieta y este estudio solo incluye la AA aportada por el ingrediente “panela” que encuentra en diferentes preparaciones por lo que no estimaría el valor MOE de la dieta propiamente dicha. No obstante, la información aportada debe ser interpretada con cautela teniendo presente que tal y como se indica en investigaciones similares, las encuestas dietéticas poblacionales, los rangos de edad, el número de niños que conforman cada grupo, las diferencias temporales entre la aplicación de la encuesta y la variabilidad del contenido de AA según la materia prima y la intensidad de los tratamientos dificultan la extrapolación de los resultados y suponen la necesidad de realizar una mayor investigación en este grupo de población con mayor riesgo (Elias *et al.*, 2017).

Los resultados obtenidos permitieron identificar las cantidades y fuentes de panela consumidas para cada rango de edad. Teniendo en cuenta, el alto consumo de este producto, los contenidos de acrilamida citados por la bibliografía y la alta valoración de este alimento por la población colombiana. Consideramos que este estudio puede ofrecer una valiosa información para establecer recomendaciones dietéticas a los grupos de población más vulnerables, potenciar la investigación en profundidad de estudios de valoración de riesgo, así como desarrollar procesos que puedan mitigar el contenido de acrilamida en la dieta de la población colombiana.

III.4.4 CONCLUSIONES

1. El consumo medio de panela para la población menor de 3 años fue de 17 g/día para la población total y para los consumidores de panela de 43 g/día. Los niños de 0-6 meses alcanzan valores de 50 g/día.
2. Las principales fuentes de panela para niños menores de un año fueron las coladas, la leche y el agua de panela. En niños mayores de un año se incorporan otros alimentos endulzados con panela, como jugos o zumos, bebidas de chocolate, compotas y masas fritas.
3. La estimación media de exposición dietética de acrilamida para la población total fue 1,09 µg/kg p.c/d y para los consumidores de panela de 2,98 µg/kg p.c/d. Estos valores ponen de manifiesto la necesidad de reducir la exposición a acrilamida, aportada por la panela, en niños colombianos de 0-3 años y la prioridad de investigar en profundidad la estimación del margen de exposición.

III.4.5 BIBLIOGRAFÍA

- AECOSAN. (2017). *Revista del Comité Científico de la AECOSAN*. 26(007), 29.
- Barón Cortes, W. et al. (2021). Consumption study and margin of exposure of acrylamide in food consume Barón Cortés, Wilson Roberto, et al. 2021. "Consumption Study and Margin of Exposure of Acrylamide in Food Consumed by the Bogotá Population in Colombia." *Journal of Food Composition and Analysis*, 100(April). <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2021.103934>
- Daniels, L. A. (2019). *Feeding Practices and Parenting : A Pathway to Child Health and Family Happiness*. 74(suppl 2), 29–42. <https://doi.org/10.1159/000499145>
- EFSA. (2015). EFSA CONTAM Panel (EFSA Panel on Contaminants in the Food Chain), 2015. Scientific Opinion on acrylamide in food. *EFSA Journal*, 13(6). <https://doi.org/10.2903/J.EFSA.2015.4104>
- Elias, A., Roasto, M., Reinik, M., Nelis, K., Nurk, E., & Elias, T. (2017). Acrylamide in commercial foods and intake by infants in Estonia. *Food Additives and Contaminants - Part A Chemistry, Analysis, Control, Exposure and Risk Assessment*, 34(11), 1875–1884. <https://doi.org/10.1080/19440049.2017.1347283>
- Fedepanela. (2020). Tendencias de consumo, inteligencia de mercados y retos del sector panelero. *Tendencias De Consumo, Inteligencia De Mercados Y Retos Del Sector Panelero*, <http://www.sipa.org.co/wp/wp-content/uploads/Tema4>. http://www.sipa.org.co/wp/wp-content/uploads/Tema4_Ciclo_conferencias.pdf
- Finnie, S., Pérez-escamilla, R., & Buccini, G. (2019). *Determinants of early breastfeeding initiation and exclusive breastfeeding in Colombia*. 23(3), 496–505. <https://doi.org/10.1017/S1368980019002180>
- Gómez-narváez, F., Mesías, M., Delgado-andrade, C., Contreras-calderón, J., Ubillús, F., Cruz, G., & Morales, F. J. (2019). Occurrence of acrylamide and other heat-induced compounds in panela : Relationship with physicochemical and antioxidant parameters. *Food Chemistry*, 301(March), 125256. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.125256>
- Gutiérrez-Mosquera, L. F., Arias-Giraldo, S., & Ceballos-Peñaloza, A. M. (2018). *Advances in traditional production of panela in Colombia: analysis of technological improvements and alternatives*. 20(1), 107–123. <https://doi.org/10.25100/iyv.v20i1.5233>
- Henaó, S. J., Petrarca, M. H., Braga, P. A. C., Ariseto, P., Henaó, S. J., Petrarca, M. H., & Braga, P. A. C. (2021). Acrylamide in non-centrifugal sugar from Latin American markets : in-house validation of an LC- MS / MS method , dietary exposure assessment and risk characterisation in Brazil and Colombia. *Food Additives & Contaminants: Part A*, 38(9), 1456–1469. <https://doi.org/10.1080/19440049.2021.1933205>
- Hilbig, A., Freidank, N., Kersting, M., Wilhelm, M., & Wittsiepe, J. (2004). Estimation of the dietary intake of acrylamide by German infants, children and adolescents as calculated from dietary records and available data on acrylamide levels in food groups. *International Journal of Hygiene and Environmental Health*, 207(5), 463–471. <https://doi.org/10.1078/1438-4639-00317>
- ICBF. (2018). *Tabla de composición de alimentos colombianos (TCAC)*. <https://www.icbf.gov.co/bienestar/nutricion/tabla-alimentos>

- ICBF. (2020). *Encuesta Nacional de la Situación Nutricional en Colombia (ENSIN) 2015*. Bogotá D.C.: Instituto Colombiano de Bienestar Familiar.
- ICBF & FAO. (2020). Guías alimentarias para la población colombiana. Mi plato saludable. Documento técnico. (Instituto Colombiano de Bienestar Familiar & Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, Eds.; 2da ed.). <https://www.minsalud.gov.co/sites/rid/Lists/BibliotecaDigital/RIDE/VS/PP/SNA/guias-alimentarias-basadas-en-alimentos.pdf>
- INVIMA. (2018). *Informe de resultados del Plan Nacional Subsectorial de Vigilancia y Control de Acrilamida en Alimentos Procesados durante los años 2015 y 2016*. Bogotá D.C. Retrieved from <http://docplayer.es/139277528-Informe-de-resultados-del-plan-nacional-subsectorial-de-vigilancia-y-control-de-acrilamida-en-alimentos-procesados-durante-los-anos-2015-y-2016.html>
- Jaffé, W. R. (2015). Nutritional and functional components of non centrifugal cane sugar: A compilation of the data from the analytical literature. *Journal of Food Composition and Analysis*, 43, 194–202. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2015.06.007>
- Mesias, M., Delgado-Andrade, C., Gómez-Narváez, F., Contreras-Calderón, J., & Morales, F. J. (n.d.). *Formation of Acrylamide and Other Heat-Induced Compounds during Panela Production*. <https://doi.org/10.3390/foods9040531>
- Mielech, A., Puścion-jakubik, A., & Socha, K. (2021). Assessment of the Risk of Contamination of Food for Infants and Toddlers. *Nutrients* 2021, Vol. 13, Page 2358, 13(7), 2358. <https://doi.org/10.3390/NU13072358>
- MinAgricultura. (2021). Cadena agroindustrial de la panela “primer trimestre 2020.” 2020, 24. [https://sioc.minagricultura.gov.co/Panela/Documentos/2020-03-30 Cifras Sectoriales.pdf](https://sioc.minagricultura.gov.co/Panela/Documentos/2020-03-30%20Cifras%20Sectoriales.pdf)
- Ministerio de Salud, I. (2012). *CONCEPTO CIENTIFICO ACRILAMIDA EN PANELA*.
- Mojska, H., Gielecińska, I., & Stoś, K. (2012). Determination of acrylamide level in commercial baby foods and an assessment of infant dietary exposure. In *Food and Chemical Toxicology* (Vol. 50, Issue 8, pp. 2722–2728). <https://doi.org/10.1016/j.fct.2012.05.023>
- Nicklaus, S., & Remy, E. (2013). *Early Origins of Overeating : Tracking Between Early Food Habits and Later Eating Patterns*. 179–184. <https://doi.org/10.1007/s13679-013-0055-x>
- OMS. (2021). *Alimentación del lactante y del niño pequeño*. <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/infant-and-young-child-feeding>
- Pelin, C., & Gunduz, B. (2022). Acrylamide Exposure of Infants and Toddlers through Baby Foods and Current Progress on Regulations Cennet. *Current Opinion in Food Science*, 100849. <https://doi.org/10.1016/j.cofs.2022.100849>
- Vargas Lasso, J. J., Talero Pérez, Y. V., Trujillo Suárez, F. A., & Camelo Caballero, L. R. (2015). Determinación de acrilamida en el procesamiento de la panela por cromatografía líquida. *Ciencia En Desarrollo* (Vol. 5, Issue 2). <https://doi.org/10.19053/01217488.3664>

III. 5. CAPITULO 5.

CONSUMO Y FUENTES DE INGESTA DE AZÚCAR Y PANELA EN POBLACIÓN MENOR DE 36 MESES (Objetivo 5)

III. 5.1. METODOLOGIA

Se realizó un estudio transversal con el objeto de conocer el consumo de azúcares, en menores de 36 meses, a partir del análisis de los datos recogidos en la Encuesta ENSIN 2015, que aporta información sobre el tipo y cantidad de alimentos consumidos en lactantes preescolares, escolares, adolescentes y adultos.

En relación con las encuestas ENSIN, realizadas en 2005 y 2010, la versión 2015, aporta por primera vez la información para el grupo de niños menores de 2 años, a partir del recordatorio de 24 horas (1R24h). En menores de 12 años se estableció como informante clave la persona que se encargó el día anterior de la preparación, servido y/o acompañamiento en el consumo de los alimentos del niño o niña seleccionado. Como se ha descrito anteriormente, para estimar la distribución poblacional de la ingesta usual y ajustar la variabilidad intraindividual se hizo un segundo recordatorio al 11,9% de la población. Los dos recordatorios se hicieron en días no consecutivos, con intervalos entre 48 y 72 horas. Detalles adicionales de la encuesta se presentan en la publicación oficial (ICBF, 2020).

El informe oficial de la ENSIN 2015, sólo recoge los resultados de ingesta de azúcar, panela, agua de panela y miel para la población mayor de un año, pero omite el análisis para menores de un año, así como el tipo de preparaciones con azúcares añadidos. Por tanto, este estudio, depura y procesa la base original, para profundizar en la valoración sobre el consumo y fuentes de azúcares en población infantil colombiana.

Población

La población seleccionada fueron niños menores de 36 meses. Se utilizó la base de recordatorio de 24 horas (R24h) constituida por 34.096 individuos con 782.492 registros. Se realizó una primera depuración, considerando la variable “edad en meses”. Se filtraron todos los registros que se encontraban entre 0 y 35 meses y se recuperaron 127.603 registros. Adicionalmente, para establecer la población objeto de estudio, considerando que un mismo individuo tiene varios registros, uno por cada alimento consumido, se eliminaron los identificadores duplicados. Se obtuvo una población de 5.593 sujetos, menores de tres años, entre un total de 34.096 personas de 0 a 64 años. Posteriormente, se hizo un nuevo proceso de depuración, excluyendo niños sin registro de peso y/o talla. Bajo este criterio se excluyeron 146 niños quedando una población total inicial de 5.447 individuos.

Para categorizar la población, según posibilidades de ingesta de azúcares, se generaron dos variables dicotómicas, de Si/No: “Consumo de azúcar y/o miel”, “Consumo de panela”. Se identificaron el número de sujetos en las siguientes categorías: “Consumidores de panela” (N=2.163),

“Consumidores de azúcar y/o miel” (N=2.952), “Consumidores de azúcar y panela” (N=1.131); y “No consumidores de azúcar, miel, panela” (N= 1.463). La base de datos tenía una variable que recogía el ingrediente que identificaba a cada preparación o el propio alimento. Los términos que recogía la base de datos relativos a panela fueron: “panela”, “panela instantánea”, “agua de panela muy dulce”; “agua de panela poco dulce” y “agua de panela medianamente dulce” y para el consumo de la categoría azúcar y/o miel: “azúcar moreno”, “azúcar blanco” y “miel de caña”. Para este estudio se consideraron las preparaciones de origen casero que refirieran adición de algún endulzante. No se tuvieron en cuenta productos comerciales.

La estimación de la cantidad consumida, de panela, azúcar y miel, se realizó teniendo en cuenta la cantidad en gramos de estos azúcares de cada una de las preparaciones y para las bebidas se tuvo en cuenta el declarado de adición, o en caso de no referirlo, se estimó mediante el valor estándar establecido por el equipo técnico de la encuesta para las bebidas de panela, según nivel de dulzor: poco dulce (6.5%), medianamente dulce (8.5%) y muy dulce (9.1%). De manera similar se hizo para algunas bebidas endulzadas con azúcar, que no reportaban la cantidad de azúcar como ingrediente, pero si su adición en el nombre detallado de la preparación. En este caso, se aplicaron los porcentajes de 5-7% para bebidas elaboradas con frutas y 4-6% para bebidas calientes. Respecto al consumo de miel, 39 niños reportaron preparaciones con miel. El porcentaje de azúcares de la miel de abeja es 82,4% y de la miel de caña 73%; esta última fue consumida por 29 niños.

A partir de las transformaciones anteriores se establecieron las cantidades de panela o azúcar consumida por cada individuo como, g de azúcar/día (incluye la miel) y g de panela/día.

Los valores de consumo de azúcar o panela estimados se trataron estadísticamente para identificar los valores atípicos o consumos extremos. Se excluyeron los sujetos con valores de consumo por encima del percentil 99. La población objeto de estudio quedó definida así: “no consumidores de azúcares” (N=1.463); “consumidores de panela” (N=2.140); “consumidores de azúcar (N=2.920) y consumidores de azúcar y panela (N=1.116). La figura 5.1 recoge el diagrama de flujo de la población de estudio.

Variables sociodemográficas de la población menor de 35 meses

La encuesta ENSIN, 2015 recordatorio de 24 horas (R24h), recoge algunas variables sociodemográficas de la población estudiada: **sexo** (hombre y mujer); **etnia** con las categorías: indígena, afrocolombiana (negros, raizales, palenqueros, afrodescendientes) y sin pertenencia étnica (mestizos y descendientes de europeos, árabes, judíos, asiáticos, y otros grupos); **índice de riqueza**, indicador de las condiciones socioeconómicas de los hogares de los sujetos y que se estima considerando las propiedades, la disponibilidad de servicios públicos y los materiales de construcción de la vivienda. Este índice se valora en una escala de 1 a 4, donde uno o bajo es la condición de menor riqueza y cuatro o alto la de mayor; **regiones** geográficas del país: Atlántica, Bogotá, Central, Oriental, Orinoquía y Amazonía y Pacífica. Finalmente se recogió la **concentración o ubicación de la población** en zonas urbanas o rurales (ICBF, 2020).

Para profundizar en los análisis de consumo de azúcares, a partir de la variable cuantitativa continua **“Edad en meses”** se creó la variable categórica **“Grupo de edad”** en los que se definían categorías, con base en las características de la alimentación en intervalos de edad específicos (0-6, 7-9, 10-12, 13-24 y 25-35 meses).

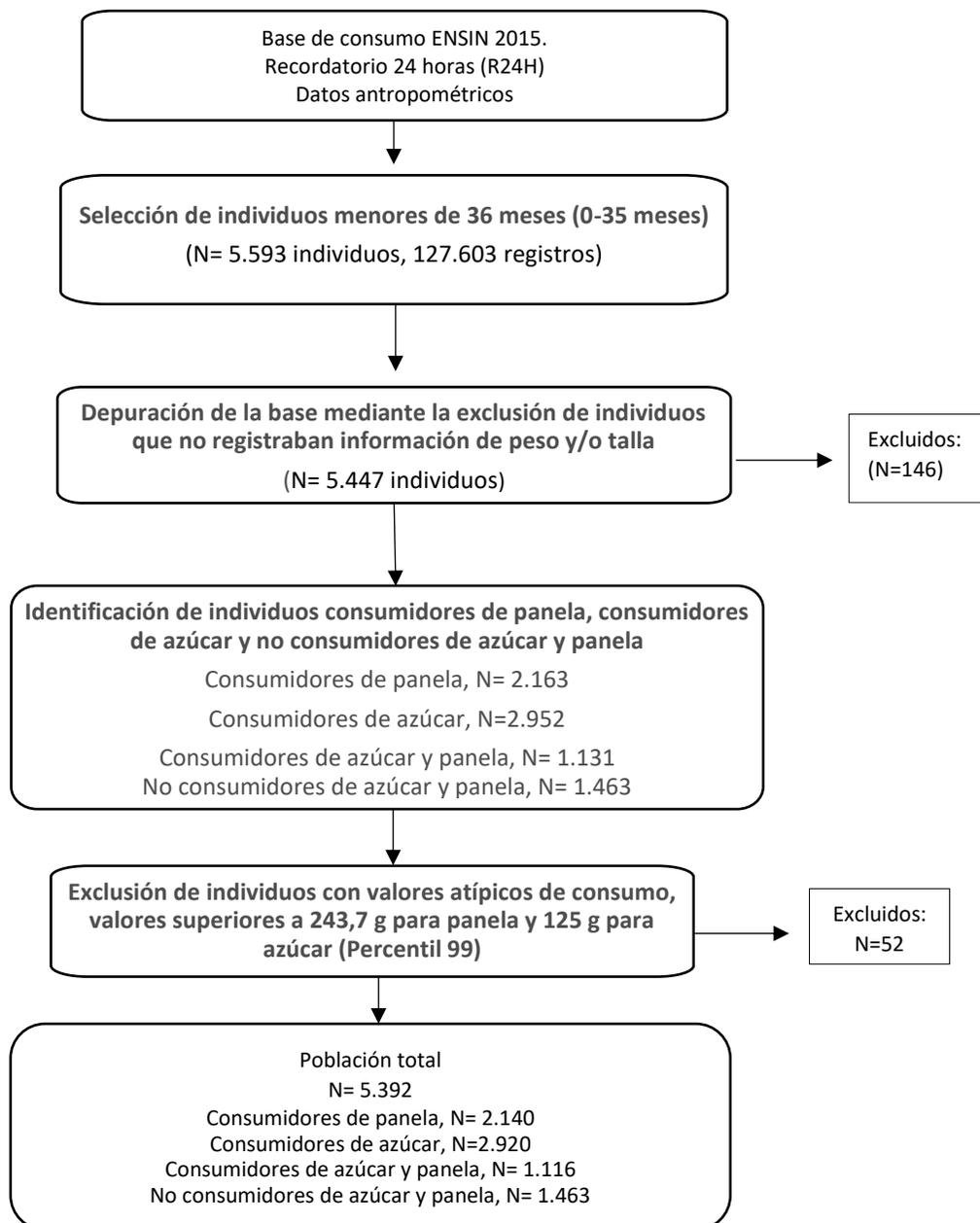


Figura 5.1. Diagrama de flujo. Criterios de selección y exclusión del estudio de una población colombiana menor de 0-35 meses

Variables antropométricas

Las variables antropométricas seleccionadas fueron peso y talla para cada participante. A partir de estos datos se estimó el IMC [peso en kg/(talla en m²)]. Para cada uno de los grupos de edad se estimó la media de peso, la talla e IMC como parte de la caracterización general de la población.

Variables de consumo

Las variables de consumo incluyen además de la cantidad de azúcar o panela las preparaciones elaboradas con estos alimentos: **“Preparaciones con panela”** y **“Preparaciones con azúcar”**. Las categorías o grupos definidos para tal fin fueron:

1. Aguas endulzadas con panela o azúcar (agua de panela, agua con azúcar, aguas aromáticas, infusiones)
2. Bebidas viscosas elaboradas con harinas o almidones endulzados (coladas de cereales, almidones, raíces, tubérculos, plátanos, mezclas vegetales)
3. Bebidas estimulantes (café o chocolate)
4. Bebidas elaboradas con frutas (jugos, sorbetes, cremas)
5. Leche y bebidas fermentadas (fórmulas infantiles, leche, kumis, yogur)
6. Compotas o potitos, papillas, cereales para desayuno, postres dulces (arroz con leche, plátanos almibarados, flanes, natillas y gelatinas, entre otros)
7. Masas dulces horneadas, asadas o fritas.

A partir de las preparaciones categorizadas se calculó el número y porcentaje de las que se elaboraban con panela, azúcar o ambos.

Estimación del consumo de azúcares

La estimación del **“Consumo total de azúcares añadidos”** se realizó a partir de las variables **“Cantidad total consumida de panela/día”** y **“Cantidad total consumida de azúcar/día”**. Para ello, se consideró el contenido de azúcares en la panela (90,2%) y azúcar en el producto comercial (99,3%) recogidos en la Tabla de Composición de Alimentos Colombianos (ICBF, 2018).

Estimación de la ingesta de azúcares añadidos respecto a los requerimientos diarios de energía

La Resolución 3803 de 2016 (Ministerio de Salud y Protección, 2016), define las Recomendaciones de Ingesta de Energía y nutrientes (RIEN) para la población colombiana sana, por grupos de edad. Para los grupos de 0-6 meses; 7-9 meses; 10-12 meses se consideraron los requerimientos medios de energía por peso promedio/día. Para los grupos de 13 a 24 meses y de 25 a 35 meses se tomaron los requerimientos promedio/día. A partir de esta información se estimó el porcentaje de contribución de la energía procedente del azúcar añadido a los requerimientos diarios de energía (según patrón de referencia) en población colombiana menor de 36 meses. Se consideró el factor de Atwater para carbohidratos 4 kcal/g. Se determinó el porcentaje de contribución de la energía aportada estimada con relación al requerimiento de energía, según grupo de edad. El valor resultante se contrastó con la recomendación condicional para niños referida por la OMS (5% del total de la energía consumida) (WHO, 2015).

Estudio estadístico

Las cantidades totales de panela y azúcar consumidas diariamente, así como los azúcares añadidos a las diferentes preparaciones se analizaron mediante estadísticos descriptivos (media, mediana, percentiles, desviación estándar y porcentaje de consumidores). Los valores se compararon para las categorías de edad mediante la prueba t-student y ANOVA. La presentación de los resultados de cantidades medias adicionadas a las preparaciones y porcentaje de cubrimiento de las recomendaciones de energía se realizó mediante gráficos de barras. La significación estadística se estableció en un valor de p-valor < 0,05. Los análisis se llevaron a cabo con SPSS versión 27 IBM para Windows(IBM Corp, 2020) y R versión 4.0

III. 5. 2. RESULTADOS

Los principales tipos de azúcar utilizados en la dieta de la población colombiana son el azúcar de caña (blanca o morena) y la panela; producto de gran consumo, elaborado mediante extracción y concentración de jugos de caña. Según la OMS (2015), el consumo elevado de azúcares en niños se asocia con la obesidad y probablemente con caries, por lo que se recomienda no exceder su consumo en un 5% de la ingesta energética diaria. Sin embargo, los estudios de ingesta de estos ingredientes en población infantil colombiana (menor de 36 meses) son limitados, e inexistentes en niños menores de 1 año.

Características sociodemográficas de la población

La tabla 5.1 presenta la distribución porcentual de la población de estudio en cinco rangos de edad, así como la agrupación de los sujetos según el consumo de panela y azúcar o miel. El 73% (3929 de 5392 niños/as que conforman la población total) consumen azúcares procedentes de fuentes alimentarias como panela, azúcar o azúcar y panela. Se observa que en el primer año de vida el 64% no consumen azúcares pero que este porcentaje se reduce a 36% para niños entre 15 y 35 meses. El porcentaje de niños que consume azúcares con edad inferior a 1 año es del 18,7% y alcanza el 81,3% para niños de 1-3 años.

Tabla 5.1. Población colombiana consumidora y no consumidora de panela y azúcar.

Grupo de edad	Población total ¹	Consumidores de panela	Consumidores de azúcar	Consumidores de panela y azúcar ²	No consumidores ni de panela ni de azúcar
	N= 5392	N=2140 (%)	N=2920 (%)	N=1116 (%)	N= 1463 (%)
0-6 meses	775 (14,4)	68 (3,2)	169 (5,8)	9 (0,8)	549 (37,6)
7-9 meses	587 (10,9)	150 (7,0)	240 (8,2)	52 (4,7)	249 (17,0)
10-12 meses	502 (9,3)	183 (8,6)	272 (9,3)	91 (8,2)	138 (9,4)
13-24 meses	1830 (33,9)	863 (40,3)	1138 (38,9)	457 (40,9)	294 (20,1)
25-35 meses	1698 (31,5)	876 (40,9)	1101 (37,7)	507 (45,4)	233 (15,9)

¹ Incluye niños consumidores y no consumidores de panela y/o azúcar.

² Corresponden a los niños/as que consumen ambos productos (panela más azúcar). Hacen parte del grupo de consumidores y de consumidores de azúcar.

La tabla 5.2 recoge los porcentajes de niños de cada grupo de edad que consumen panela o azúcar o azúcares añadidos (panela y/o azúcar), así como los no consumidores de azúcares añadidos. El 70% de los lactantes no consumen azúcares añadidos y este porcentaje va descendiendo conforme aumenta la edad hasta un 13,7% para niños de 2-3 años. El porcentaje de azúcares añadidos aumenta con la edad, así como el consumo de panela o azúcar.

Tabla 5.2. Porcentaje de consumidores de panela, azúcar o azúcares añadidos y no consumidores para cada grupo de edad.

Grupo de edad	Población total ¹	Consumidores de panela	Consumidores de azúcar	Consumidores de azúcares añadidos ²	No consumidores de azúcares añadidos
	N= 5392(%)	N (%)	N (%)	N(%)	N(%)
0-6 meses	775 (14,4)	68 (8,8)	169 (21,6)	228 (29,4)	549 (70,8)
7-9 meses	587 (10,9)	150 (25,6)	240 (40,9)	338 (57,6)	249 (42,2)
10-12 meses	502 (9,3)	183 (36,5)	272 (54,2)	364 (72,5)	138 (27,5)
13-24 meses	1830 (33,9)	863 (47,2)	1138 (62,2)	1544 (84,4)	294 (16,1)
25-35 meses	1698 (31,5)	876 (51,6)	1101 (64,8)	1470 (86,6)	233 (13,7)

¹ incluye niños consumidores y no consumidores de panela y/o azúcar.

² corresponden a los niños que consumen ambos azúcares añadidos (panela y/o azúcar)

En la tabla 5.3 se describen las características sociodemográficas de la población total conformada por 5392 personas (50,2% de niños y 49,8% de niñas). La mayor concentración de niños se encontraba en el rango de edad entre 13 y 35 meses. La edad media fue de 18,2±9.9 meses. La mayoría de los niños eran mestizos o sin pertenencia étnica (79,2%); vivían en zona urbana (72,9%); se ubicaban en el perfil más bajo de riqueza (51,8%) y procedían de las regiones Atlántica (24%) y Central (21,5%). La comparación entre grupos de edad arrojó diferencias significativas en las variables etnia, peso, talla, IMC y región.

Tabla 5.3. Características sociodemográficas de la población total menor de 36 meses (consumidores y no consumidores de panela y azúcar)

	Total	0-6 meses	7-9 meses	10-12 meses	13-24 meses	25-35 meses	p-valor ¹
N(%) o medias ±DE	N= 5392 (%)	N=776(%)	N=587(%)	N=502(%)	N=1830(%)	N=1697(%)	
Género							0,459
Niños	2708 (50,2)	412 (53,1)	299 (50,9)	247 (49,2)	915 (100,0)	835 (49,2)	
Niñas	2684 (49,8)	364 (46,9)	288 (49,1)	255 (50,8)	915 (100,0)	862 (50,8)	
Edad (meses)	18,2±9,92	14,5±10,38	17,2±10,18	18,6±9,45	19,5±9,45	19,5±9,51	NA
Etnia							<0,001
Comunidad NARP	519 (9,60)	67 (8,63)	52 (8,86)	55 (11,0)	180 (9,84)	165 (9,72)	
Indígena	547 (10,1)	44 (5,67)	53 (9,03)	57 (11,4)	193 (10,5)	200 (11,8)	
Mestizos	4270 (79,2)	655 (84,4)	472 (80,4)	389 (77,5)	1442 (78,8)	1312 (77,3)	
No reporta	56 (1,10)	10 (1,30)	10 (1,71)	1 (0,100)	15 (0,860)	20 (1,18)	
Población							0,121
Urbana	3932 (72,9)	585 (75,4)	444 (75,6)	363 (72,3)	1332 (72,8)	1208 (71,2)	
Rural	1460 (27,1)	191 (24,6)	143 (24,4)	139 (27,7)	498 (27,2)	489 (28,8)	
Peso(kg)	10,5±2,97	6,83±3,50	8,56±3,48	9,21±2,64	10,8±2,55	12,8±3,18	<0,001
Talla (cm)	78,3±10,18	62,8±11,63	69,9±10,35	72,7±9,45	79,9±9,51	88,1±9,42	<0,001
IMC (kg/m²)	16,9±3,69	17,1±6,28	17,5±1,73	16,9±2,109	16,8±2,0	16,4±3,85	<0,001
Nivel de riqueza							0,820
Primer cuartil	2794 (51,8)	401 (51,7)	288 (49,1)	269 (53,6)	943 (51,5)	893 (52,6)	
Segundo cuartil	1389 (25,8)	192 (24,7)	155 (26,4)	132 (26,3)	479 (26,2)	431 (25,4)	
Tercer cuartil	875 (16,2)	140 (18,0)	105 (17,9)	75 (14,9)	290 (15,8)	265 (15,6)	
Cuarto cuartil	334 (6,20)	43 (5,60)	39 (6,60)	26 (5,20)	118 (6,50)	108 (6,40)	
Región							<0,001
Atlántica	1295 (24,0)	285 (36,7)	180 (30,7)	148 (29,6)	343 (18,7)	339 (20,0)	
Bogotá	345 (6,4)	42 (5,42)	31 (5,3)	26 (5,2)	136 (7,4)	110 (6,5)	
Central	1160 (21,5)	169 (21,8)	123 (21,0)	103 (20,5)	393 (21,5)	372 (21,9)	
Oriental	770 (14,3)	64 (8,2)	76 (12,9)	68 (13,5)	284 (15,5)	278 (16,4)	
Orinoquia-Amazonía	999 (18,5)	122 (15,7)	95 (16,2)	71 (14,1)	369 (20,2)	342 (20,2)	
Pacífica	823 (15,3)	94 (12,11)	82 (14,0)	86 (17,1)	305 (16,7)	256 (15,1)	

¹ Las diferencias entre los grupos de edad se evaluaron mediante la prueba de chi-cuadrado o prueba de Welch (ANOVA no paramétrico) cuando correspondía.

Las características sociodemográficas de los niños consumidores de panela muestran diferencias significativas en las variables asociadas a estado nutricional como peso, talla e IMC entre grupos de edad como consecuencia del crecimiento que ocurre en esta etapa de la vida. El mayor porcentaje de niños consumidores de panela se encontraron en la región Central y el menor porcentaje en Bogotá. Se destaca que, aunque el mayor porcentaje vive en zona urbana, con respecto a la población total, el porcentaje de niños consumidores de la zona rural es un poco mayor (Anexo 5.1).

Las características sociodemográficas de los niños consumidores de azúcar muestran diferencias significativas por edad, peso, IMC, nivel de riqueza y regiones. El mayor porcentaje de niños consumidores de azúcar se encuentra ubicado en la región Atlántica y el menor porcentaje en Bogotá. Se observa que los niños menores de 6 meses que se ubican en el cuartil de riqueza más bajo son la mayoría de este grupo (69,2%) (Anexo 5.2).

Respecto a los niños que consumen panela y azúcar simultáneamente se observa que la combinación de endulzantes es un comportamiento reportado por 1116 niños de los 5392 niños encuestados, por lo que no corresponde al hábito de la mayoría, pero sí de un grupo importante de población. Se hallan diferencias significativas entre grupos de edad, peso, talla, IMC. La mayoría de los niños consumidores de estos endulzantes proceden de la región Central, y, en menor proporción Pacífica, Oriental y Orinoquía-Amazonía (Anexo 5.3).

Consumo de azúcares

La tabla 5.4 recoge los valores medios y desviaciones de consumo de panela y azúcar, diferenciados por grupos de edad, y estimados considerando toda la población o solo el grupo de consumidores.

La ingesta media de azúcares añadidos, en población total, ingerida como panela fue de 17,1 g y de azúcar 9,0 g. El mayor consumo se obtiene, como era de esperarse, en los niños mayores de un año. Se destaca un valor alto de consumo de panela, 49,9 g en el grupo de menores de 6 meses. El consumo de panela es muy superior al de azúcar. Se observan diferencias significativas de ambos azúcares para cada grupo de edad tanto si se considera la población total como solo los consumidores.

Tabla 5.4. Consumo medio (g/día±DE) de panela y azúcar de toda la población o de solo los consumidores en niños menores de 36 meses.

Tipo de azúcares	Total	0-6 meses	7-9 meses	10-12 meses	13-24 meses	25-35 meses	p-valor
PANELA							
Toda la población	17,1±33,8	4,4±22,9	9,5±26,1	13,5±28,5	20,3±35,5	23,4±37,7	<0,001
Consumidores	43,3±41,9	49,9±61,3	37,1±40,7	36,9±37,1	43,1±41,1	45,5±41,9	<0,001
AZÚCAR							
Toda la población	9,0±16,6	3,1±11,5	6,1±15,1	8,1±16,2	10,4±17,8	11,3±17,2	<0,001
Consumidores	16,6±19,6	14,4±21,2	14,9±20,7	14,9±19,6	16,8±20,1	17,5±18,7	<0,001
AZÚCARES AÑADIDOS							
Toda la población	28,51±47,6	8,32±29,6	17,31±35,6	23,24±36,1	33,37±47,5	37,84±56,3	<0,001
Consumidores	57±51,70	69,39±83,3	40,41±37,9	44,9±38,7	57,38±62,1	61,60±74,3	<0,001

Consumo de preparaciones con azúcares

Los azúcares se consumen principalmente añadidos a diferentes preparaciones. En la tabla 5.5 se presentan las preparaciones, sólidas y líquidas, endulzadas con panela y su participación porcentual dentro de la totalidad de preparaciones consumidas por los niños en este grupo de edad. El número de registros de preparaciones con panela fue de 5795 de los cuales 3407, es decir el 58,8%, se consume principalmente como bebida caliente o fría (agua de panela) mientras que este tipo de preparación con azúcar fue solo del 3,5%. El azúcar se consume mayoritariamente como endulzante de bebidas elaboradas con almidones o harinas de cereales, tubérculos, raíces y plátanos (coladas, 35,4%) o bien añadido a zumos de frutas (33,7%). El consumo de azúcares añadidos a preparaciones sólidas es superior al de panela.

Tabla 5.5. Contribución del tipo de preparaciones (*n.º* y %) con panela o azúcar añadido al consumo de azúcares en población colombiana menor de 36 meses

Tipo de preparación	Panela <i>n.º</i> (%)	Azúcar <i>n.º</i> (%)
Bebidas		
Bebidas endulzadas solas o adicionadas con hierbas aromáticas, zumos de fruta, canela, entre otras especias consumidas frías o calientes.	3407 (58.8)	308 (3.5)
Bebidas endulzadas elaboradas con agua, leche, o agua- leche(líquida, en polvo o fórmula infantil) que son adicionadas de almidones o harinas de cereales, tubérculos, raíces o plátanos.	1637 (28.2)	3107 (35.4)
Bebidas estimulantes elaboradas por disolución de pastillas de chocolate, mezclas comerciales de chocolate, cocoa o café adicionada con agua, agua-leche o leche.	278 (4.8)	1152 (13.1)
Bebidas elaboradas con frutas dispersas en agua, agua-leche o leche y se endulza con azúcar o panela.	183 (3.2)	2961 (33.7)
Leche entera pasterizada o ultra pasterizada, en polvo o fórmula infantil en polvo reconstituida en agua y endulzadas. Incluyen las bebidas lácteas fermentadas elaboradas en el hogar como yogur o kumis.	227 (3.9)	1003 (11.4)
Alimentos o preparaciones sólidas		
Compotas, papillas de cereales infantiles, postres dulces (arroz con leche, plátanos almibarados, flanes, natillas, gelatinas, entre otros).	35 (0.6)	81(0.9)

Tipo de preparación	Panela n.º (%)	Azúcar n.º (%)
Masas dulces que son sometidas a fritura, horneado o asado con o sin queso tipo arepas, arepuelas, rosquitas, hojaldres, bollos, tortas, entre otros. Pueden consumirse solos o mezclados con leche, agua.	28 (0.5)	165(1.9)
Total	5795 (100)	8777 (100)

La variabilidad de preparaciones de panela es menor con respecto a las preparaciones elaboradas con azúcar, posiblemente debido a las características de sabor y color que confiere este ingrediente. La cantidad media adicionada en cada tipo de preparación se observa en las figuras 5.2 y 5.3. La cantidad de panela añadida suele ser mayor a la de azúcar.

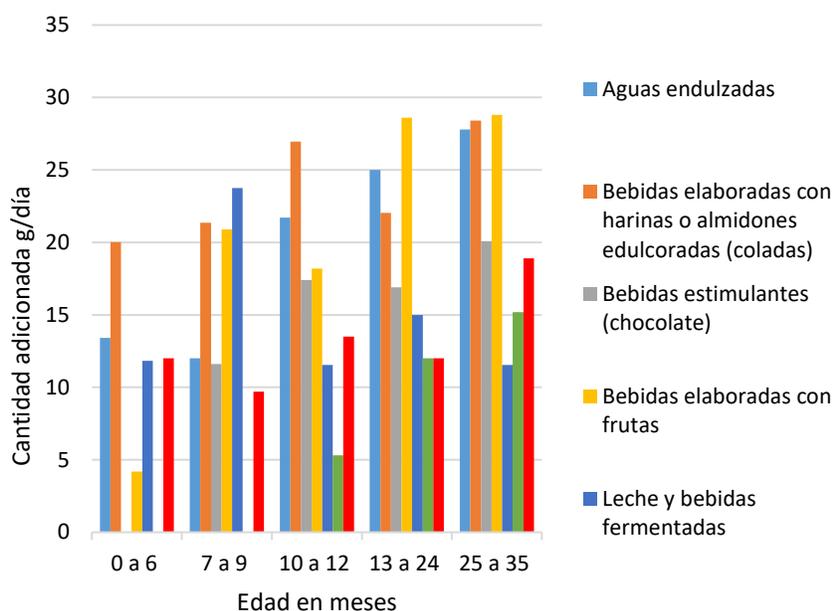


Figura 5.2. Cantidad media de panela en gramos utilizada como ingrediente de bebidas y preparaciones en población colombiana menor de 36 meses.

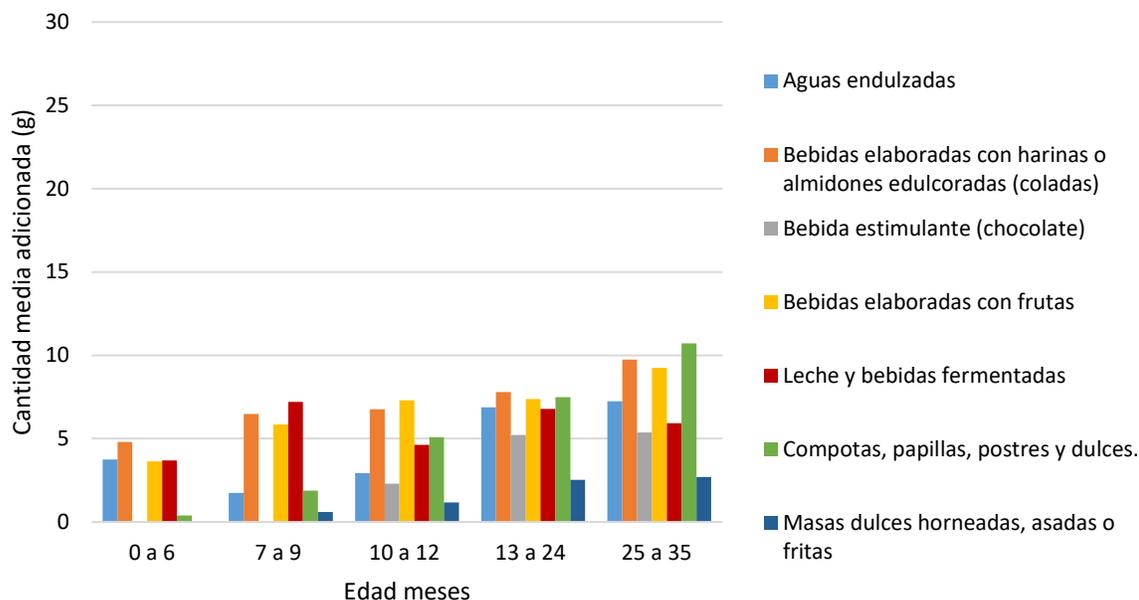
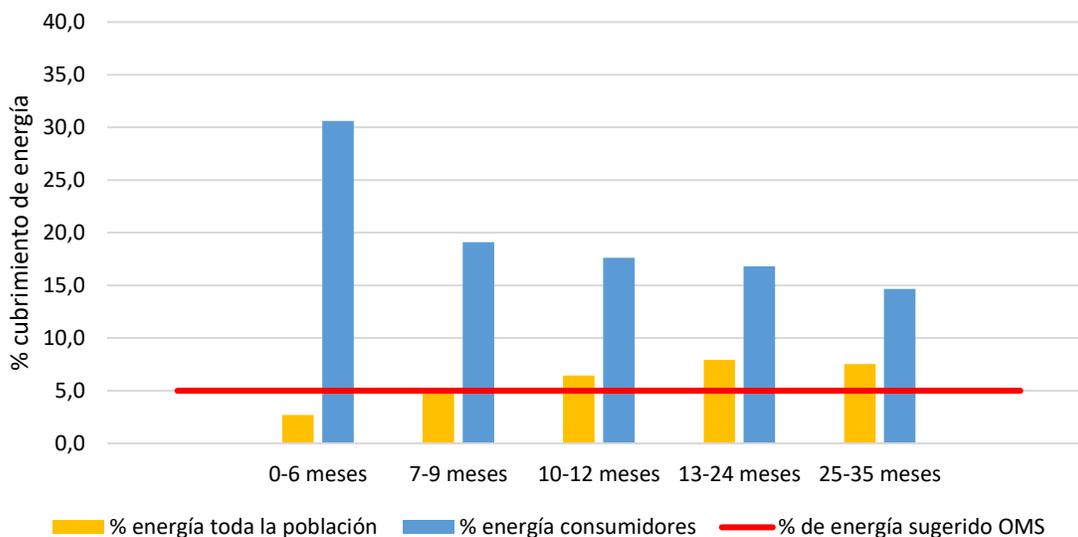


Figura 5.3. Cantidad media de azúcar en gramos utilizada como ingrediente de bebidas y preparaciones en población colombiana menor de 36 meses

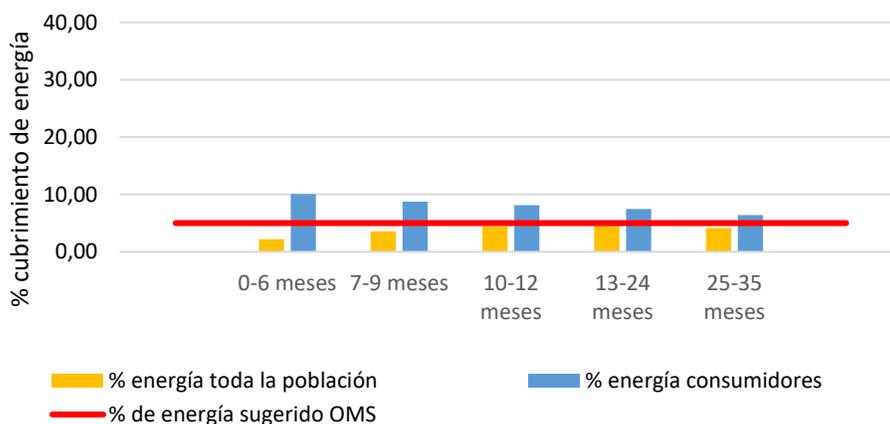
Estimación de la ingesta de azúcares añadidos respecto a los requerimientos diarios de energía

La figura 5.4 muestra el porcentaje de energía diario cubierto por el consumo de azúcares procedentes de la panela y la figura 5.5 para azúcar procedente del azúcar común para la población consumidora y no consumidora. Teniendo en cuenta el valor medio de consumo de panela y los valores medios de energía recomendados para cada grupo de edad; el porcentaje de energía cubierto esta entre el 30,6 y el 14,7% para la población consumidora. Si se considera el aporte de azúcar, el porcentaje de energía cubierto abarcaría entre el 6,4 y el 10,1% para la población consumidora (figura 5.4). Para la población total, teniendo en cuenta que gran parte de la población, no consume ni azúcar, ni panela, estos porcentajes se reducen considerablemente.



Para la estimación de los porcentajes de cubrimiento de energía se consideraron los siguientes valores: 0-6 meses 572 Kcal; 7-9 meses: 681 Kcal; 10-12 meses: 735 Kcal; 13-24 meses: 900 Kcal y 25-35 meses: 1088 Kcal. Estos valores se estimaron tomando como referencia La Resolución 3803 de 2016 (Ministerio de Salud y Protección, 2016) la cual define las Recomendaciones de Ingesta de Energía y Nutrientes (RIEN) para la población Colombiana sana

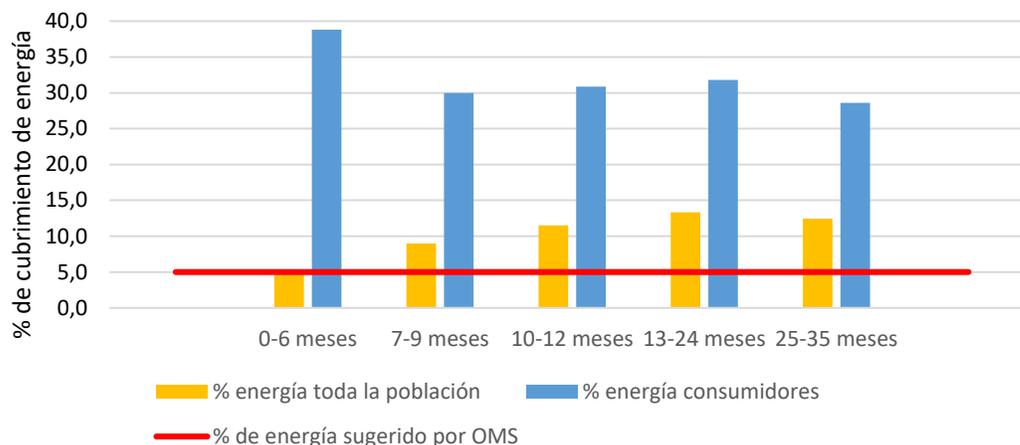
Figura 5.4. Porcentaje de cubrimiento del requerimiento diario de energía de referencia aportada por la ingesta media de panela en población colombiana menor de 36 meses.



Para la estimación de los porcentajes de cubrimiento de energía se consideraron los siguientes valores: 0-6 meses 572 kcal; 7-9 meses: 681 kcal; 10-12 meses: 735 kcal; 13-24 meses: 900 kcal y 25-35 meses: 1088 Kcal. Estos valores se estimaron tomando como referencia La Resolución 3803 de 2016 (Ministerio de Salud y Protección, 2016) la cual define las Recomendaciones de Ingesta de Energía y Nutrientes (RIEN) para la población Colombiana sana

Figura 5.5. Porcentaje de cubrimiento del requerimiento diario de energía de referencia aportada por la ingesta media de azúcar en población colombiana menor de 36 meses.

La estimación del porcentaje de cubrimiento del requerimiento diario de energía de los azúcares añadidos (procedentes de panela y azúcar), tanto para población consumidora (28,9 y 38,8 %) como para población total de consumidores y no consumidores (5,1 y 13,3 %) se visualizan en la figura 5.6.



Para la estimación de los porcentajes de cubrimiento de energía se consideraron los siguientes valores: 0-6 meses 572 Kcal; 7-9 meses: 681 Kcal; 10-12 meses: 735 Kcal; 13-24 meses: 900 Kcal y 25-35 meses: 1088 Kcal. Estos valores se estimaron tomando como referencia La Resolución 3803 de 2016 (Ministerio de Salud y Protección, 2016) la cual define las Recomendaciones de Ingesta de Energía y Nutrientes (RIEN) para la población Colombiana sana

Figura 5.6. Porcentaje de cubrimiento del requerimiento diario de energía de referencia aportada por la ingesta media de azúcares añadidos en población colombiana menor de 36 meses.

III. 5. 3. DISCUSIÓN

La nutrición adecuada de los lactantes y niños de corta edad es fundamental para asegurar el crecimiento y desarrollo óptimo de los niños, así como para lograr una mejor salud a lo largo de la vida, incluida la prevención del sobrepeso, la obesidad y las enfermedades no transmisibles relacionadas con la alimentación (OMS, 2019).

Los bebés tienen una preferencia innata por el sabor dulce, que puede modificarse y reforzarse con exposiciones prenatales y posnatales (Murray, 2017). Actualmente no existe un requerimiento nutricional de azúcares añadidos (Schawartz *et al.*, 2011), pero se ha demostrado que los primeros años de vida son fundamentales en el desarrollo de las preferencias de alimentos. En este sentido, si se realizan consumos excesivos de azúcares se estaría promoviendo la adopción de comportamientos no saludables que podrían tener efectos sobre la salud (Devenish *et al.*, 2019).

El sobrepeso y obesidad en la edad pediátrica incrementa con los años. En 1990 la prevalencia de sobrepeso fue del 4,2%, en 2010 del 6,7% y en 2020, la OMS estimó que sería del 9,5% (Jardí C *et al.*, 2019). La alimentación durante el primer año y/o primeros años de vida es un factor importante que puede comportar exceso de adiposidad en el niño. Metaanálisis realizados en niños europeos, estadounidenses y africanos de edades entre 9 meses y 9 años ponen en evidencia que el consumo de azúcares libres, azúcares añadidos y bebidas azucaradas es un factor determinante del peso corporal y lo relaciona con enfermedades como hipertensión, dislipidemia y resistencia a la insulina

tanto en infancia como en edad adulta (Te Morenga L *et al* 2013). Sin embargo, algunos estudios demostraron riesgo próximo a cero (Forshee *et al*, 2008).

La ingesta de azúcares añadidos, sobre todo en forma de bebidas azucaradas, puede producir un aumento de la ingesta calórica general y una reducción de la ingesta de alimentos de mayor densidad nutritiva, como frutas y verduras (Wang *et al.*, 2015) lo cual provoca una dieta de baja calidad, con menores ingestas de nutrientes esenciales (Mumena, 2021) y mayor riesgo de contraer enfermedades no transmisibles (Azaïs-Braesco *et al.*, 2017). El consumo de bebidas azucaradas tanto en niños como adultos está asociado con exceso de peso, diabetes mellitus, síndrome metabólico, hipertensión, cardiopatía coronaria, accidentes cerebrovasculares y gota (Sahned *et al.*, 2019)(Azaïs-Braesco *et al.*, 2017)

La obesidad infantil en países de Latinoamérica y del Caribe está asociada con la exposición a entornos alimentarios poco saludables que se caracterizan por un mayor acceso a alimentos ricos en azúcares libres, grasas y sodio (UNICEF, 2019). Por tanto, el consumo moderado de azúcares y el control de la ingesta de energía y la reducción del sedentarismo, son estrategias eficaces para prevenir la obesidad (Rippe & Angelopoulos, 2016).

La relación entre la ingesta de azúcares libres y la caries dental es considerada un factor de riesgo para el padecimiento de enfermedades dentales (Sugar & Steps, 2020) y, aunque en las últimas décadas se ha avanzado considerablemente en su prevención y tratamiento, aún persisten grandes problemas (WHO, 2015).

Los azúcares añadidos en las dietas de los lactantes y niños de corta edad de Colombia son principalmente el azúcar de caña (blanca o morena), la panela y la miel. En la población de estudio, el consumo de miel fue muy reducido, solo 30 de los 5392 niños; 9 de los cuales consumieron miel de abejas y el resto miel de caña. La panela es consumida por un mayor número de niños de 1 a 3 años que por niños menores de un año, de igual forma que ocurre con el azúcar. El 73 % de los niños consumen azúcares procedentes de panela, azúcar o azúcar y panela y el 27 % no declaran consumir azúcares añadidos. El mayor número de los no consumidores corresponden a lactantes de 0 a 6 meses. Los niños consumidores de azúcares añadidos aumentan con la edad, pasando del 29,4 % (menos de 1 año) al 86,3 % para el grupo de 2 y 3 años.

La lactancia materna exclusiva, se presenta en el 36,1% de los bebés colombianos menores de 6 meses; esta situación motiva la introducción temprana de preparaciones algunas de ellas endulzadas con azúcar o panela. A partir del primer año, se incorporan las bebidas de chocolate con leche, y las de frutas elaboradas mayoritariamente con azúcar común. En el caso de las frutas se utiliza la fruta licuada o exprimida y filtrada con el fin de facilitar la incorporación en otras preparaciones o con otros ingredientes. La leche y bebidas lácteas fermentadas (yogur o kumis), son ocasionalmente endulzadas y las endulzadas lo son mayoritariamente con azúcar. Las preparaciones semisólidas con panela o azúcar registradas son muy reducidas; estos tipos de productos son menos elaborados en preparaciones domésticas porque requieren un tiempo más prolongado para la elaboración que las coladas elaboradas con harinas o almidones hervidos. A partir del año, la dieta

del niño intenta adaptarse a la dieta familiar. Las preparaciones comerciales no han sido motivo de estudio en este trabajo.

Las preparaciones líquidas más consumidas por la población estudiada fueron el agua de panela con o sin zumo de fruta y/o especias (58,8 %), fría o caliente en las que predominó el nivel de dulzor medio-alto. Esta preparación es ofrecida, en algunos casos, a lo largo del día alternativamente con la leche materna o la fórmula infantil y a partir del año como la bebida del desayuno o en la media mañana o merienda. El agua de panela es una de las principales fuentes de panela para todos los grupos de edad y es solo superada por las preparaciones tipo coladas en las que se añade panela o azúcar para enmascarar el sabor de las harinas. Las coladas en especial la de plátano (harina de plátano verde) es el alimento complementario más utilizado junto con la leche de fórmula para los lactantes de 4-5 meses; y su consumo continua durante los primeros 3 años (ICBF, 2020). El endulzante predominante de estas preparaciones es el azúcar común. Las bebidas endulzadas fueron los alimentos que más contribuyeron a la ingesta de azúcares añadidos en la dieta de niños europeos y australianos (Devenish *et al.*, 2019).

Las cantidades medias de panela añadidas a las recetas son más elevadas en las preparaciones líquidas de niños de 2-3 años, como cabía esperar (entre 12-28 g). Las coladas son las que contienen mayor cantidad de panela. Los bebés de 0-6 meses consumen preparaciones con panela (agua de panela, coladas y leche). La cantidad de azúcar añadida a este tipo de preparaciones es muy inferior a la cantidad añadida de panela.

La población infantil estudiada correspondiente a la encuesta ENSIN 2015, está integrada por un porcentaje similar de niños y niñas, pertenecientes las $\frac{3}{4}$ partes a la etnia mestiza y la mitad de la población con el nivel de riqueza más bajo. Aproximadamente $\frac{3}{4}$ partes de la población vive en zona urbana y casi la mitad de los niños viven en las regiones Atlántica y Central.

Las características sociodemográficas de la población consumidora de panela (Anexo 5.1) muestra un mayor porcentaje de niños que viven en zona rural y con nivel de riqueza más bajo frente a la población total del estudio. La distribución en regiones muestra para los consumidores de panela mayor porcentaje en la Región Central respecto a la población media total y menor en la región Atlántica. El peso y la talla de los niños consumidores de panela fue algo mayor que los de la población total (Anexo 5.1). Las características sociodemográficas de la población consumidora de azúcar muestran mayor similitud con la población total (Anexo 5.2).

El consumo estimado de panela es para todas las edades superior al consumo de azúcar. El valor medio para los consumidores de panela es de $43,3 \pm 41,9$ g/día y el de azúcar de $16,6 \pm 19,6$ g/día. Existen diferencias significativas para todos los grupos de edad tanto en el consumo de panela como de azúcar. El consumo medio estimado de la suma de panela y de azúcar es de aprox. 57 g/persona/día. Los valores obtenidos son muy inferiores a los publicados por Villegas Trujillo *et al.* (2019), en un estudio sobre consumo de azúcar y caries en 124 preescolares colombianos (región Pacífica), entre tres y cuatro años, mediante registro de hábitos alimentarios y aplicación de cuestionario de frecuencia de consumo de las comidas no realizadas en el colegio (143

g/persona/día). Este artículo encuentra grandes diferencias en el consumo de azúcares entre los días de la semana (comidas realizadas en el colegio) y la alimentación de los fines de semana, realizada en casa, correspondiendo de media 42 g y más de 84 g en el almuerzo y cena del fin de semana. El área donde se realizó el estudio es una zona industrial donde se encuentran los principales cultivos de caña de azúcar, azucareras y fábricas de productos de confitería, lo que justificaría un mayor hábito de consumo de estos productos además de la alta prevalencia de población afro con tradición en la preparación de dulces caseros. El consumo de azúcares añadidos fue muy inferior en niños españoles de 1 año, 30 g/persona/día y de 31,5 g para los de 2,5 años (Jardí *et al.*, 2019)

Las cantidades medias de consumo, publicadas por ENSIN, 2015, para el grupo de niños de 1 a 4 años, fueron de 19,3 g de azúcar y 49,5 g de panela (ICBF, 2020). Los datos obtenidos en nuestro estudio son algo inferiores ya que el grupo de edad estaba entre 0-3 años y la información analizada correspondía a una parte de la información recogida en la encuesta ENSIN (preparaciones caseras).

Las preparaciones consumidas por los menores de tres años con azúcares añadidos proceden del estudio de las preparaciones caseras reportadas en la encuesta ENSIN. Las preparaciones fueron bebidas endulzadas, coladas, bebidas de fruta, compotas o potitos y, en menor proporción, masas dulces fritas, asadas u horneadas. El agua de panela es consumida en Colombia como fuente de energía o como infusión para calentar o tonificar el cuerpo en regiones de clima frío. En regiones con clima caluroso, es consumida como un refresco tradicional que puede ser tomado solo o mezclado con zumo de limón o naranja (FAO, 2007). Esta bebida es esencial en la dieta regular de niños de nivel socioeconómico bajo, muchos beben una botella o biberón justo antes de dormir a partir de 1-3 años, factor de riesgo de caries dental.

La panela es la principal fuente de azúcares añadidos para todos los grupos de edad. El grupo de edad consumidor de azúcares añadidos con mayor porcentaje de contribución a la energía diaria estimado es el de 0-6 meses (31%) y el resto alrededor del 19%. Esto es debido, a que la fuente de alimentos de este grupo (0-6 meses), es mayoritariamente leche y agua de panela y la panela ha sido cuantificada en este estudio; mientras que los niños de mayor edad posiblemente incluyen otras fuentes de azúcares añadidos no registradas en la base de datos de preparaciones de origen casero a partir de las cuales se han obtenido los resultados presentados en esta tesis. La encuesta ENSIN, 2015 atribuye al consumo de panela, azúcar y miel para niños de 1 a 4 años 68,8 g/persona/día y en este valor no se ha incluido la cantidad de azúcar consumida con los grupos de alimentos comerciales: golosinas, bebidas refrescantes y dulces y postres, de los cuales solo se aporta la cantidad de alimento, pero no la de azúcar. Según ENSIN la prevalencia de consumo de golosinas de niños de 1-4 años estuvo entre 18 y 28% (según región), de bebidas carbonatadas entre 14,7 y 24% y de dulces y postres entre 10,1 y 22,1%. Las cantidades medias de azúcares añadidos para la totalidad de la población estuvieron entre 5,1% y 13,3% de la energía diaria total.

Las cantidades de ingesta diaria de azúcares añadidos se calcularon a partir de los valores de ingesta media individual estimada para cada individuo. El valor obtenido para la población total fue de 57 g/persona/día, que corresponden a 21,0 kg de azúcar al año. La OMS refiere niveles inferiores de caries dental cuando la ingesta de azúcares per cápita es inferior a 10 kg/persona/año (OMS, 2014).

Este estudio no incluye los azúcares añadidos procedentes de alimentos comerciales por lo que el consumo debe ser mayor. Un estudio realizado en niños escolares de Bogotá, entre 5 y 12 años, reportó una ingesta media de azúcares, ajustada por energía, de 97,2 g/d, de los cuales 39,7g/día eran aportados por alimentos procesados y ultraprocesados, es decir un 41% y un 59% por alimentos sin procesar o mínimamente procesados e ingredientes culinarios. Aunque estos valores no son comparables porque no diferencian entre azúcares naturales y azúcares añadidos y recogen el consumo de un grupo de edad diferente, si permiten estimar el porcentaje de aporte de los azúcares procedentes de alimentos industrializados (Cornwell *et al.*, 2018).

La Organización Mundial de la Salud recomienda que los azúcares libres no proporcionen más del 10 % de la energía diaria y sugiere que limitar los azúcares libres al 5 % de la energía reduciría el riesgo de enfermedades no transmisibles, específicamente aumento de peso (obesidad) y caries dental (WHO, 2015). La American Health Association (AHA) sugiere evitar azúcares añadidos para niños menores de 2 años, por su parte la European Society for Paediatric Gastroenterology Hepatology and Nutrition (ESPGHAN) recomienda una reducción aún mayor a la propuesta por la OMS en lactantes y niños menores de dos años (Fidler Mis *et al.*, 2017) y para niños mayores de dos años recomienda que consuman no más de 25 g (100 kcal) de azúcar añadida (Johnson *et al.*, 2009). El Comité Asesor Científico sobre Nutrición (SACN) del Reino Unido recomienda una ingesta de azúcar libre inferior al 5 % de la energía total desde los dos años hasta la edad adulta (Martinez-Ferran *et al.*, 2020) (SACN, 2015). (Garro-Mellado *et al.*, 2022).

De acuerdo con los resultados obtenidos, la población en general excede la recomendación del 5% referida por la OMS y dentro del grupo estudiado, los niños consumidores de azúcares añadidos lo superan ampliamente (38,9% de la energía para los menores de 6 meses y entre 28,3-31,8%, para los mayores de 7 meses). Este hallazgo es relevante si se tiene en cuenta que Colombia es un país con niveles crecientes de sobrepeso y obesidad para todos los grupos de edad. La prevalencia de exceso de peso en niños colombianos de 0-4 años, según la encuesta ENSIN, 2015 es de 6,4%, con un incremento, respecto a la de 2010 de 1,2% y con diferencias significativas entre edades aumentando en el grupo de niños de 2 años. Se presenta por igual en zonas rurales o urbanas y afecta principalmente a niños (ICBF, 2020). Esta situación no se modifica en niños escolares; por el contrario, se acentúa, ya que tres de cada diez niños, entre 6 a 12 años tienen exceso de peso y dos de cada diez adolescentes, la presentan, siendo una condición más frecuente en mujeres (UNICEF, 2018).

Los estudios de obesidad infantil llevados a cabo en Colombia han reportado su asociación directa con el consumo de alimentos energéticos, entre los que se encuentran las golosinas o dulces, gaseosas y refrescos azucarados (Ocampo T. *et al.*, 2014) y con el de alimentos ultraprocesados, especialmente bebidas (Parra *et al.*, 2019). No obstante, hay que destacar que el 41% de los niños de 6 a 23 meses amamantados y no amamantados, tienen una dieta mínima aceptable que contempla frecuencia y variedad de alimentos mínimos; pero existe un porcentaje superior al 50% donde las necesidades mínimas no están cubiertas. Por tal razón, las políticas nutricionales deben ir orientadas a cubrir en primer lugar las necesidades energéticas del total de la población infantil además de mejorar la calidad de la dieta. Con respecto a las estrategias que Colombia ha

implementado para la reducción del consumo de azúcares se encuentran las siguientes recomendaciones: 1) las guías alimentarias del país sugieren a la población limitar el consumo de gaseosas y bebidas azucaradas y recomiendan, si se consumen que sean jugos bajos en azúcar(ICBF & FAO, 2020); 2) implementación de campañas orientadas a desmotivar el consumo de bebidas tipo refrescos y gaseosas endulzadas, a nivel de los colegios y 3) actualización de la reglamentación de declaración de azúcares adicionados en el rotulado nutricional de alimentos. (Minsalud, 2021).

III. 5. 4. CONCLUSIONES

1. El análisis de la ingesta dietética de azúcares añadidos en lactantes y niños/as de corta edad (0-3 años) ha mostrado que el 18,7% de los lactantes y el 73% de los niños/as menores de 3 años consumen azúcares añadidos.
2. El consumo medio de azúcares añadidos en el conjunto de los lactantes y niños/as de corta edad de Colombia fue de 28,5 g/día.
3. El consumo medio de azúcares añadidos entre los niños consumidores de azúcares fue de 57g/día. Es destacable que en lactantes de 0-6 meses y en niños/as de 2-3 años el consumo medio de azúcares añadidos fue superior a 60 g/día.
4. El consumo de panela en la población colombiana fue muy superior al consumo de azúcar, si bien el azúcar se utiliza en una mayor variedad de preparaciones tanto líquidas como sólidas. Las bebidas azucaradas y las coladas corresponden al tipo de preparaciones que más se consumen y que más contribuyen con la ingesta de azúcares añadidos.
5. La ingesta de azúcares añadidos por los niños consumidores supone alrededor del 30% de los requerimientos energéticos, cifra que supera ampliamente el 5% recomendado por la OMS. En el caso de los lactantes de 0-6 meses la contribución a los requerimientos de energía alcanza el 39%, superando hasta en ocho veces el valor establecido por la OMS.

III. 5. 5. BIBLIOGRAFÍA

- Azañs-Braesco, V., Sluik, D., Maillot, M., Kok, F., & Moreno, L. A. (2017). A review of total & added sugar intakes and dietary sources in Europe. *Nutrition Journal*, *16*.
<https://doi.org/10.1186/s12937-016-0225-2>
- Cornwell, B., Villamor, E., Mora-Plazas, M., Marin, C., Monteiro, C. A., & Baylin, A. (2018). Processed and ultra-processed foods are associated with lower-quality nutrient profiles in children from Colombia. *Public Health Nutrition*, *21*(1), 142–147.
<https://doi.org/10.1017/S1368980017000891>
- Devenish, G., Ytterstad, E., Begley, A., & Scott, J. (2019). *Intake, sources, and determinants of free sugars intake in Australian children aged 12 – 14 months. August 2018*, 1–12.
<https://doi.org/10.1111/mcn.12692>
- FAO. (2007). Panela production as a strategy for diversifying incomes in rural area of Latin America. *Agricultural Management, Marketing and Finance Service*, *6*, 1–97.
<http://www.fao.org/docrep/016/ap307e/ap307e.pdf>
- Garro-Mellado, L., Guerra-Hernández, E., & García-Villanova, B. (2022). Sugar Content and Sources in Commercial Infant Cereals in Spain. *Children*, *9*(1).
<https://doi.org/10.3390/children9010115>
- IBM Corp. (2020). *IBM SPSS Statistics for Windows* (No. 27).
- ICBF. (2018). *Tabla de composición de alimentos colombianos (TCAC)*.
<https://www.icbf.gov.co/bienestar/nutricion/tabla-alimentos>
- ICBF. (2020). *Encuesta Nacional de la Situación Nutricional en Colombia (ENSIN) 2015*. ICBF & FAO. (2020). Guías alimentarias para la población colombiana. Mi plato saludable. Documento técnico. (Instituto Colombiano de Bienestar Familiar & Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, Eds.; 2da ed.).
<https://www.minsalud.gov.co/sites/rid/Lists/BibliotecaDigital/RIDE/VS/PP/SNA/guias-alimentarias-basadas-en-alimentos.pdf>
- Jardí, C., Aranda, N., Bedmar, C., & Arija, V. (2019). Excess nutritional risk in infants and toddlers in a Spanish city. <https://doi.org/10.1024/0300-9831/A000530>, *89*(3–4), 210–220. <https://doi.org/10.1024/0300-9831/A000530>
- Johnson, R. K., Appel, L. J., Brands, M., Howard, B. V., Lefevre, M., Lustig, R. H., Sacks, F., Steffen, L. M., & Wylie-Rosett, J. (2009). Dietary sugars intake and cardiovascular health a scientific statement from the American Heart Association. *Circulation*, *120*(11), 1011–1020.
<https://doi.org/10.1161/CIRCULATIONAHA.109.192627/FORMAT/EPUB>
- Martinez-Ferran, M., de la Guía-Galipienso, F., Sanchis-Gomar, F., & Pareja-Galeano, H. (2020). Metabolic Impacts of Confinement during the COVID-19 Pandemic Due to Modified Diet and Physical Activity Habits. *Nutrients*, *12*(6). <https://doi.org/10.3390/nu12061549>
- Ministerio de Salud y Protección. (2016). *Resolución 3803 de 2016*. 2016.
- Minsalud, M. de S. y P. (2021). *Resolución Número 810 De 2021*. 50.

- Mumena, W. A. (2021). Consumption of Free Sugar Predicts Nutrient Intake of Saudi Children. *Frontiers in Nutrition*, 8(November), 1–7. <https://doi.org/10.3389/fnut.2021.782853>
- Murray, R. D. (2017). Savoring Sweet: Sugars in Infant and Toddler Feeding. *Annals of Nutrition and Metabolism*, 70(3), 38–46. <https://doi.org/10.1159/000479246>
- Ocampo T., P. R., Prada G., G. E., & Herrán F., O. F. (2014). Patrones de consumo alimentario y exceso de peso infantil; encuesta de la situación nutricional en Colombia, 2010. *Revista Chilena de Nutricion*, 41(4), 351–359. <https://doi.org/10.4067/S0717-75182014000400002>
- OMS. (2014). *Ingesta de azúcares para adultos y niños*. 8. http://www.who.int/nutrition/publications/guidelines/sugars_intake/es/
- Parra, D. C., Laura Da Costa-Louzada, M., Moubarac, J.-C., Bertazzi-Levy, R., Khandpur, N., Cediel, G., Monteiro, C. A., Dc, P., Ml, C.-L., & Jc, M. (2019). *Association between ultra-processed food consumption and the nutrient profile of the Colombian diet in 2005*. <https://doi.org/10.21149/9038>
- Rippe, J. M., & Angelopoulos, T. J. (2016). Relationship between added sugars consumption and chronic disease risk factors: Current understanding. *Nutrients*, 8(11). <https://doi.org/10.3390/nu8110697>
- SACN. (2015). *Carbohydrates and Health*. www.tsoshop.co.uk
- Sahned, J., Mohammed Saeed, D., & Misra, S. (2019). Sugar-free Workplace: A Step for Fighting Obesity. *Cureus*, 11(12). <https://doi.org/10.7759/cureus.6336>
- Sugar, A., & Steps, F. (2020). *HHS Public Access*. 63(1), 17–33. <https://doi.org/10.1016/j.cden.2018.08.003>. Added
- UNICEF. (2019). *Childhood Overweight and the Retail Environment in Latin America and the Caribbean Synthesis Report*. 44.
- WHO. (2015). Guideline: Sugars intake for adults and children. *World Health Organization*, 57(6), 1716–1722.

CONCLUSIONES SELECCIONADAS

1. Se han identificado dos patrones dietéticos en la población adulta de Colombia, el patrón tradicional y el occidentalizado, acorde con los patrones dietéticos que se describen en poblaciones que se encuentran en procesos de transición nutricional.
2. Los patrones de tratamiento culinario que se han identificado muestran un predominio del uso de métodos tradicionales como la fritura y el hervido y, en ciertos grupos de población, métodos alternativos que implican una menor duración o temperatura, característico de comidas rápidas o listas para consumo.
3. Los alimentos hidrocarbonados (cereales y derivados, tubérculos y panela) constituyen los componentes principales del patrón de dieta tradicional en esta población, y son fuente de precursores para la formación de acrilamida.
4. En una encuesta de hábitos dietéticos en Colombia durante el confinamiento por COVID-19 se observó una variación en el consumo de determinados alimentos con respecto a la situación anterior al confinamiento, fundamentalmente relativo al consumo de cereales y derivados, y azúcares y se mantienen los patrones de procesado culinario
5. La caracterización de las preparaciones de la cocina tradicional colombiana ha permitido revelar, que entre el 36% y el 50% de los alimentos o preparaciones, según regiones del país, contenían ingredientes asociados a la formación de acrilamida.
6. Las diferencias en el contenido de acrilamida de las variedades de patata “pastusa” y “sabanera” se deben a diferencias de tiempo necesarias para su procesado.
7. La pre-cocción de las patatas criollas previa a su fritura no solo reduce el contenido de grasa final sino que también limita la formación de acrilamida.
8. El menor tiempo necesario para la fritura de plátanos maduros y la menor temperatura final alcanzada durante la misma, hace que el contenido de acrilamida sea bajo y muy inferior al de los plátanos inmaduros.
9. La panela es el alimento que más contribuye a la ingesta de acrilamida en la población colombiana cuando la intensidad de los tratamientos térmicos caseros es baja.
10. La ingesta de acrilamida en adultos colombianos se eleva en aproximadamente un 30% cuando la intensidad de tratamiento térmico casero es intermedio y en un 50% si es alto.
11. El consumo medio de panela para la población menor de 3 años fue de 17 g/día para la población total y para los consumidores de panela de 43 g/día. Los niños de 0-6 meses alcanzan valores de 50 g/día.
12. La estimación media de exposición dietética de acrilamida para la población total fue 1,09 $\mu\text{g}/\text{kg pc}/\text{día}$ y para los consumidores de panela de 2,98 $\mu\text{g}/\text{kg pc}/\text{día}$. Estos valores ponen de manifiesto la necesidad de reducir la exposición a acrilamida, aportada por la panela, en niños colombianos de 0-3 años y la prioridad de investigar en profundidad la estimación del margen de exposición.
13. El análisis de la ingesta dietética de azúcares añadidos en niños de 0 a 3 años ha mostrado que el 18,7% de los lactantes y el 73% de los de 1 a 3 años consumen azúcares añadidos.

14. La ingesta de azúcares añadidos por los niños consumidores supone alrededor del 30% de los requerimientos energéticos, cifra que supera ampliamente el 5% recomendado por la OMS. En el caso de los lactantes de 0-6 meses la contribución a los requerimientos de energía alcanza el 39%, superando hasta en ocho veces el valor establecido por la OMS.

ANEXOS

ANEXOS CAPÍTULO 1.

Anexo. 1.1

Tras la expedición del Decreto 457 de marzo de 2020, mediante el cual se imparten instrucciones para el cumplimiento del Aislamiento Preventivo, en todo el territorio colombiano y en el marco de la emergencia sanitaria por causa de la pandemia del coronavirus COVID-19, el equipo de investigación AGR-141- Alimentos, Nutrición y Salud (ANyS) de la Universidad de Granada, en colaboración con el grupo de Alimentos del Departamento de Nutrición Humana de la Universidad Nacional de Colombia, se propone realizar un estudio siguiendo la normativa existente en cuanto a confidencialidad de datos, acerca de hábitos alimentarios por parte de la población colombiana ante la situación acontecida.

Este cuestionario va dirigido a población colombiana, mayor de edad, que de forma anónima y voluntaria quieran participar en el mismo. Por tanto, le agradecemos su participación en el desarrollo de esta investigación.

Le pedimos por favor que contesten a los siguientes ítems. Solo le llevará 10 minutos

ENCUESTA SOBRE CAMBIO EN LOS HÁBITOS ALIMENTARIOS DURANTE LA CUARENTENA DEBIDA AL COVID-19 EN COLOMBIA

* Campos requeridos

Género*

Hombre

Mujer

Otro

Tipo de vivienda*

Casa

Apartamento

Cuarto

Vivienda tradicional indígena

Otro tipo de vivienda

Región de Colombia*

Atlántica (Atlántico, Bolívar, Cesar, Córdoba, La Guajira, Magdalena, San Andrés y Providencia y Sucre)

Bogotá (Bogotá D.C)

Oriental (Boyacá, Cundinamarca, Meta, Norte de Santander y Santander)

Central (Antioquia, Caldas, Caquetá, Huila, Quindío, Risaralda y Tolima)

Pacífica (Cauca, Chocó, Nariño y Valle del Cauca)

Orinoquía y Amazonía (Amazonas, Arauca, Casanare, Guainía, Guaviare, Putumayo, Vaupés y Vichada)

¿Cuántas personas conviven en su casa?*

1

2

3

4

5 o mas

¿En su casa tiene menores de edad (hijos, nieto)?*

Si

No

¿Cuántos?

1

2

3

4 o mas

Nivel de estudios*

Ninguno

Primaria

Bachillerato

Técnico o tecnológico

Universitario

Título o diploma de posgrado

Edad*

- Menor o con 20 años
- Entre 21-35 años
- Entre 36-50 años
- Entre 51-65 años
- Mas de 66 años

Peso actual (kg)*

Talla (cm)*

¿Tiene alguna condición de salud u otra que le implique modificar su alimentación?*

- Si
- No

Hábitos alimentarios

Por favor, conteste las siguientes preguntas en relación con sus hábitos de consumo, prácticas y costumbres alimentarias durante este periodo de confinamiento. Tenga en cuenta que **una (1)** porción corresponde a la cantidad de alimento que se consume como parte del plato de una comida.

¿Cuántas porciones de cereales tipo arroz, pasta, avena, fécula de maíz, cebada consume al día?*

- 5 o más
- 4
- 3
- 2
- 1
- No consumo

¿Ha modificado el consumo de cereales durante la cuarentena?*

- Mi consumo ahora es mayor
- Mi consumo ahora es menor
- Mi consumo sigue igual

¿Cuántas porciones de productos de panadería y pastelería no casera (pan, pan de molde, calados, galletas, tortas, ponqués, pandeyucas, arepas o similares) consume al día?*

5 o más

4

3

2

1

No consumo

¿Ha modificado el consumo de productos de panadería y pastelería durante la cuarentena?*

Mi consumo ahora es mayor

Mi consumo ahora es menor

Mi consumo sigue igual

¿Cuántas porciones de papa, yuca, ñame, arracacha o plátano consume al día?

4 o más

3

2

1

No consumo

¿Ha modificado el consumo de papa, yuca, ñame, arracacha o plátano durante la cuarentena?*

Mi consumo ahora es mayor

Mi consumo ahora es menor

Mi consumo sigue igual

¿Cuántas porciones de frutas y hortalizas consume al día?

5 o más

4

3

2

1

No consumo

¿Ha modificado el consumo de frutas y hortalizas durante la cuarentena?*

Mi consumo ahora es mayor

Mi consumo ahora es menor

Mi consumo sigue igual

¿Cuántas porciones de leche, leches saborizadas, kumis, yogur o queso consume al día?

5 o más

4

3

2

1

No consumo

¿Ha modificado el consumo de leche y derivados durante la cuarentena?*

Mi consumo ahora es mayor

Mi consumo ahora es menor

Mi consumo sigue igual

¿Cuántas porciones de carne roja, hamburguesa, vísceras o derivados cárnicos tipo mortadela, jamón, salchicha o embutidos consume a la semana?*

5 o más

4

3

2

1

No consumo

¿Ha modificado el consumo de carne roja, hamburguesa, vísceras y derivados cárnicos durante la cuarentena ?*

Mi consumo ahora es mayor

Mi consumo ahora es menor

Mi consumo sigue igual

¿Cuántas porciones de pollo, pavo o derivados cárnicos de pollo consume a la semana?

5 o más

4

3

2

1

No consumo

¿Ha modificado el consumo de pollo, pavo o derivados durante la cuarentena?*

Mi consumo ahora es mayor

Mi consumo ahora es menor

Mi consumo sigue igual

¿Cuántas porciones de pescado y/o productos de mar consume a la semana?

5 o más

4

3

2

1

No consumo

¿Ha modificado el consumo de pescado y/o productos de mar durante la cuarentena?*

Mi consumo ahora es mayor

Mi consumo ahora es menor

Mi consumo sigue igual

¿Cuántas porciones de huevo consume a la semana?*

7 o más

5 a 6

3 a 4

1 a 2

No consumo

¿Ha modificado el consumo de huevo durante la cuarentena?*

Mi consumo ahora es mayor

Mi consumo ahora es menor

Mi consumo sigue igual

¿Cuántas porciones de leguminosas como frijol, lenteja, garbanzo, arveja seca consume a la semana?*

5 o más

4

3

2

1

No consumo

¿Ha modificado el consumo de leguminosas durante la cuarentena ?*

Mi consumo ahora es mayor

Mi consumo ahora es menor

Mi consumo sigue igual

¿Cuántas porciones de frutos secos como maní, nueces, frutas deshidratadas consume a la semana?*

5 o más

4

3

2

1

No consumo

¿Cómo ha modificado el consumo de frutos secos durante la cuarentena ?*

Mi consumo ahora es mayor

Mi consumo ahora es menor

Mi consumo sigue igual

¿Cuántas porciones de mantequilla, margarina o crema de leche consume a la semana?*

5 o más

4

3

2

1

No consumo

¿Ha modificado el consumo de mantequilla, margarina o crema de leche durante la cuarentena ?*

Mi consumo ahora es mayor

Mi consumo ahora es menor

Mi consumo sigue igual

¿Cuántas porciones de bebidas carbonatadas y/o azucaradas, gaseosas y refrescos, consume al día?*

4 o más

3

2

1

No consumo

¿Ha modificado el consumo de bebidas carbonatadas y/o azucaradas durante la cuarentena?*

Mi consumo ahora es mayor

Mi consumo ahora es menor

Mi consumo sigue igual

¿Cuántas porciones de tinto, café con leche o bebidas con café consume al día?*

4 o más

3

2

1

No consumo

¿Ha modificado el consumo de café durante la cuarentena?*

Mi consumo ahora es mayor

Mi consumo ahora es menor

Mi consumo sigue igual

¿Cuántas porciones de agua de panela o bebidas endulzadas con panela consume al día?*

4 o más

3

2

1

No consumo

¿Ha modificado el consumo de panela o bebidas endulzadas con panela durante la cuarentena?*

Mi consumo ahora es mayor

Mi consumo ahora es menor

Mi consumo sigue igual

¿Cuántas cucharaditas de azúcar (o su equivalente en panela) para endulzar consume al día?*

5 o más

4

3

2

1

No consumo

¿Ha modificado el consumo de azúcar (o panela) durante la cuarentena?*

Mi consumo ahora es mayor

Mi consumo ahora es menor

Mi consumo sigue igual

¿Cuántas porciones de dulces, helados o postres consume al día?*

3 o más

2

1

No consumo

¿Ha modificado el consumo de dulces, helados o postres durante la cuarentena?*

Mi consumo ahora es mayor

Mi consumo ahora es menor

Mi consumo sigue igual

¿Cuántos paquetes tipo snacks (porción individual) consume al día?*

4 o más

3

2

1

No consumo

Dada la situación, es posible que se haya visto alterada su rutina alimentaria. A continuación, le pedimos que rellene las preguntas adicionales referentes al estilo de vida, cocción de los alimentos y patrón de consumo de algunos otros grupos de alimentos.

¿Cuántas comidas principales (desayuno, almuerzo, comida) solía hacer diariamente antes de la cuarentena fuera de su casa?*

Ninguna

1

2

3

¿Ha aumentado el consumo de bebidas alcohólicas (vino, cerveza, aguardiente bebidas de alta graduación) durante la cuarentena?*

- He consumido más bebidas alcohólicas
- He consumido menos bebidas alcohólicas
- Mi consumo de alcohol no se ha modificado
- No consumo alcohol

- Si
- No

En caso de haber tenido dificultades para conseguir algún tipo de alimento básico. Por favor indique ¿cuál/cuáles alimentos?*

--

¿Con qué frecuencia consume alimentos que han sido preparados con estas formas de cocción? 0 es nunca y 5 es muy frecuente (pulse suavemente sobre los círculos de izquierda a derecha para observar la escala de 0 a 5 y marcar la opción que considere pertinente).

¿Cuántas veces a la semana consume preparaciones guisadas o con hogao (tomate, cebolla, aceite o margarina)?*

- 5 o más
- 3 a 4
- Menos de 3
- No consumo

¿Cocina con mayor frecuencia que antes de la cuarentena?*

- Si. Ahora cocino más que antes de la cuarentena
- No. Ahora cocino menos que antes de la cuarentena
- Cocino igual ahora que antes de la cuarentena
- Antes no cocinaba, pero ahora sí
- No cocinaba antes y ahora tampoco

¿Ha aumentado el consumo alimentos fritos?*

- Si. Ahora consumo más fritos que antes de la cuarentena
- No. Ahora consumo menos fritos que antes de la cuarentena
- Consumo igual ahora que antes de la cuarentena
- No consumo fritos

¿Con qué frecuencia consume alimentos fritos a la semana durante la cuarentena?*

- Menos de 1 vez a la semana
- 1-3 veces a la semana
- 4-6 veces a la semana
- 7 o más de 7 veces a la semana
- Nunca

Si consume fritos, indique el aceite que usa para freír*

- Mezclas de aceites comerciales
- Aceite de palma
- Aceite de soya
- Aceite de girasol
- Aceite de maíz
- Aceite de canola
- Aceite de oliva
- Otro
- No lo sé

¿Cuál?

--

¿Cuántas veces reutiliza el aceite para elaboración de sus frituras?

- Más de 3
- 2 veces
- No reutilizo
- No lo sé

¿Ha aumentado el número de ingestas de alimentos entre comidas ("picar") estos días de cuarentena con respecto al consumo habitual?*

- Si. Ahora pico más que antes
- No. Ahora pico menos que antes
- Pico igual que antes

¿Ha aumentado el consumo de comida rápida, enlatados, paquetes o comidas preparadas listas para el consumo durante el periodo de la cuarentena?*

- Si. Ante esta situación he aumentado
- No. Ante esta situación he disminuido
- No he modificado mi consumo de estos alimentos

En general, ¿Cómo ha modificado su consumo, durante este periodo de cuarentena, en comparación con su ingesta habitual?*

- Si. Consumo más alimentos que antes
- No. Consumo menos alimentos que antes
- No se ha modificado

¿Ha modificado su actividad física durante el periodo de cuarentena?*

- Ha aumentado
- Ha disminuido
- Se mantiene igual
- Nunca realizo actividad física

¿Ha aumentado de peso durante la cuarentena?

- Si
- No
- No lo sé

¿Pudo realizar todos los tiempos de comida que realiza habitualmente?*

- Si
- No

¿Durante la cuarentena usted realizó algún cambio en estos aspectos?*

¿Modificó su consumo de agua?*

- Si. Aumenté mi consumo de agua
- No. Disminuí el consumo de agua
- No. Modifiqué el consumo de agua

¿Modificó el tipo de preparaciones que elabora habitualmente?*

- Si
- No

¿Modificó las prácticas de lavado y desinfección de alimentos, envases y loza?*

- Si, incluí prácticas adicionales de limpieza y desinfección
- No, realicé las prácticas de higiene y desinfección habituales

Frente al consumo de alimentos perecederos usted considera que:*

- Aumentó
- Disminuyó
- Quedó igual

¿Autoriza a los investigadores para el uso de esta información con fines de divulgación, publicación y planteamiento de recomendaciones?

- Si
- No

!Agradecemos el tiempo que ha dedicado al diligenciamiento de este formulario!

Anexo 1.2

CUESTIONARIO DE FRECUENCIA DE INGESTA DE ALIMENTOS FRITOS

Apreciado estudiante: La encuesta que encontrará a continuación pretende conocer algunas de sus prácticas habituales de alimentación y su preferencia por el consumo de ciertas preparaciones y alimentos. Tenga en cuenta que no existen respuestas buenas o malas y que la intención es caracterizar el patrón alimentario de estudiantes universitarios. Agradecemos de antemano el tiempo que destina al diligenciamiento de esta.

Código de encuesta	<input type="text" value="Espacio exclusivo para encuestador"/>		Fecha	<input type="text"/>
Género	Hombre	<input type="text"/>	Edad (años)	<input type="text"/>
	Mujer	<input type="text"/>	Estatura (cm)	<input type="text"/>
Circunferencia Cintura (cm)	<input type="text"/>		Peso (kg)	<input type="text"/>
Programa Académico	<input type="text"/>			
¿Con quien vive?	Vive con la familia	<input type="text"/>		
	Vive solo	<input type="text"/>		
	Residencia Universitaria	<input type="text"/>		
	Otro	<input type="text"/>	¿Cuál?	_____

1. En el siguiente recuadro deberá referir la alimentación consumida por usted durante la semana anterior. Tenga en cuenta escribir el nombre de las preparaciones y si le es posible en preparaciones mixtas indique dentro de un paréntesis los ingredientes principales. Refiera la cantidad consumida, expresada en medida casera o gramos, por preparación.

Día	Desayuno	Media Mañana	Almuerzo / Comida	Merienda	Cena
Lunes					
Martes					
Miércoles					
Jueves					
Viernes					
Sábado					
Domingo					

2. Indique los alimentos consumidos en cada uno de los grupos y la cantidad ingerida (escriba el valor aproximado en *gramos o medida casera*) de alimentos fritos consumidos por usted, en cada uno de los días de la semana anterior.

	Lunes (g)	Martes (g)	Miércoles (g)	Jueves (g)	Viernes (g)	Sábado (g)	Domingo (g)
<u>Derivados de cereales:</u> arepuelas, hojaldres, galletas, masas fritas (churros, donut, Buñuelos), arepa frita.							
<u>Tubérculos, raíces, plátanos:</u> papas fritas o doradas, papa criolla frita o dorada, yuca frita o dorada, plátano maduro o verde frito, patacones.							
<u>Vegetales sofritos:</u> Ajo, cebolla, pimiento, calabacín, tomate, coliflor, champiñón, hogao.							
<u>Carnes asadas o fritas:</u> Cerdo , ternera, pollo, pavo, vísceras.							
<u>Productos cárnicos fritos:</u> Chorizo, Morcilla , Salchichas, Hamburguesa, Albóndigas, chunchullo, costillas.							
<u>Pescados fritos:</u> Mojarra, bagre, salmón, trucha							

	Lunes (g)	Martes (g)	Miércoles (g)	Jueves (g)	Viernes (g)	Sábado (g)	Domingo (g)
<u>Productos apanados:</u> Nuggets de pollo, apanados de pescado, brochetas, pollo broaster.							
<u>Snacks:</u> productos fritos en paquete (papas, plátanos, mix, maiz pira similares)							
<u>Comidas rápidas específicas:</u> salchipapas, perro caliente, pizza, hamburguesas, papas fritas, apanados de pollo							
<u>Huevos:</u> Huevo frito, tortilla, omelette							
<u>Aceites y grasas:</u> Aceite de Oliva, Aceite de oliva refinado, Aceite de soya, Aceite de Girasol, Aceite de maiz, Aceite de Canola <u>Otros:</u> Mantequilla, Margarina, Manteca de cerdo, Manteca vegetal.							

3. Cocina sus alimentos usted mismo ?

Si
No

4. En caso de respuesta afirmativa, diría que su habilidad cocinando es:

Alta
Media
Baja
Nula

5. ¿Consume alimentos fritos?

Si
No *

*(En caso de que esta sea su respuesta, por favor no continúe la encuesta. agradecemos su participación).

6. ¿Con qué frecuencia consume alimentos fritos?

Diaria
Semanal
Mensual
Excepcional

7. La mayoría de los alimentos fritos que consume provienen de:

Casa Ventas ambulantes o callejeras
Restaurantes Supermercados
Expendios de comidas rápidas

8. Cuando prepara alimentos fritos ¿cuál tipo de aceite prefiere para sus preparaciones?

Mezclas de aceites
Girasol
Soya
Palma
Otro ¿Cuál?

9. Usted prefiere que sus alimentos sean freídos en cual de estos métodos ?:

En cacerola o sartén, métodos convencionales
En freidoras institucionales

10. El aceite que utiliza para freír usualmente es:

De un solo uso
Ha sido utilizado entre una y dos veces
Se utiliza más de tres veces

11. Cuando están fritos los alimentos usted prefiere que estén:

Poco dorados	<table border="1"><tr><td></td></tr></table>		Poco fritos	<table border="1"><tr><td></td></tr></table>	
Dorados	<table border="1"><tr><td></td></tr></table>		Fritos	<table border="1"><tr><td></td></tr></table>	
Completamente tostados	<table border="1"><tr><td></td></tr></table>		Muy fritos	<table border="1"><tr><td></td></tr></table>	

12. Prefiere los alimentos fritos con:

Poco aceite	<table border="1"><tr><td></td></tr></table>		Aceite normal	<table border="1"><tr><td></td></tr></table>	
Que se sienta el aceite	<table border="1"><tr><td></td></tr></table>		Freidora	<table border="1"><tr><td></td></tr></table>	
Que tengan bastante aceite	<table border="1"><tr><td></td></tr></table>				

13. En caso de que usted fría los alimentos, para determinar que está bien frito su alimento usted se guía por:

Tiempo de fritura	<table border="1"><tr><td></td></tr></table>	
Color del alimento	<table border="1"><tr><td></td></tr></table>	
Sabor del alimento	<table border="1"><tr><td></td></tr></table>	

13. En caso de que usted fría los alimentos, para determinar que está bien frito su alimento usted se guía por:

Tiempo de fritura	<table border="1"><tr><td></td></tr></table>	
Color del alimento	<table border="1"><tr><td></td></tr></table>	
Sabor del alimento	<table border="1"><tr><td></td></tr></table>	

ANEXOS CAPÍTULO 3.

ANEXO 3.1 Características de las muestras procesadas (registro fotográfico)

1. Patatas



a. Patatas sabaneras (*Solanum Tuberosum*), variedad Parda Sabanera- Cruda



b. Patata sabanera frita



c. Patatas pastusas, (*Solanum Tuberosum*), variedad Parda Pastusa- Cruda



d. Patata Parda pastusa frita



e. Patatas francesas prefreídas y congeladas



f. Patata precocida frita



g. Patatas criollas (*Solanum phureja*)



h. Patata criolla frita



i. Patata criolla dorada

2. Plátanos



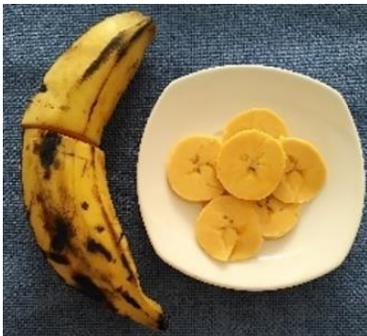
a. Plátano (*Musa paradisiaca*), variedad hartón verde Crudo



b. Plátano hartón verde frito (moneditas)



c. Plátano hartón verde frito (patacón)



d. Plátano (*Musa paradisiaca*), variedad hartón, maduro. Crudo



e. Plátano hartón maduro frito(moneditas)



f. Plátano hartón maduro frito(patacón)



h. Plátano hartón maduro asado (al horno)

i. Maduritos- Producto comercial

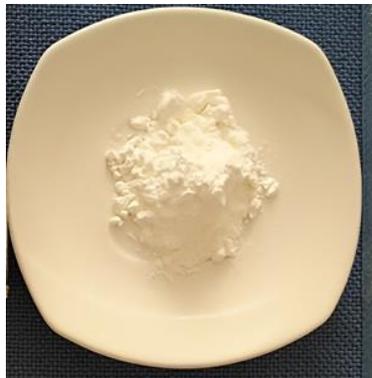
3. Yuca



a. Yuca (*Manihot esculenta*), variedad Llanera

b. Yuca frita (Raíces de yuca fritas en forma de bastones)

4. Almidón de Yuca



a. Almidón de yuca

b. Almidón de maíz (ingrediente opcional)

c. Pan de yuca

5. Mazorca



a. Mazorca de maíz (*Zea mays*). Cruda

b. Arepas de choclo

6. Harina de Maíz



a. Harinas de maíz blanca precocida extrafina

b. Arepa de maíz frita blanca

c. Arepa de maíz asada blanca



d. Harinas de maíz amarilla precocida extrafina

e. Arepa de maíz frita amarilla

f. Arepa de maíz asada amarilla

7. Harina de Trigo



a. Harina de trigo

b. Churros

c. Arepuelas de trigo

d. Galletas de leche-Producto comercial

8. Arroz



a. Arroz blanco pulido (*Oryza Sativa*)

b. Croquetas de arroz

c. Pan de arroz-Producto comercial

9. Almidón de Achira



Almidón de achira



Achiras- Producto comercial

10. Panela



a. Panela en bloque



b. Panela instantánea



c. Agua de panela (elaborada con panela de bloque)



d. Agua de panela (elaborada con panela instantánea)

11. Café



a. Café molido



b. Café soluble



c. Infusión de café molido



d. Infusión de café soluble

12. Chocolate



a. Chocolate pastillas
con azúcar



b. Cocoa



c. Bebida de
chocolate
disperso en agua

Anexo 3.2 Procesamiento de las muestras (registro fotográfico).

Frituras



1. Alimento crudo



2. Lavado y decortado



3. Obtención de 6 muestras, 100 g



4. Pesaje de cacerolas y aceite con un calentamiento previo.



5. Calentamiento del aceite a 200°C



6. Fritura simultanea de 2 muestras, intensidad de tratamiento 1. Repetición del proceso para tratamientos 2 y 3.



7. Toma de temperatura final



8. Obtención de las muestras



9. Toma de medida de las muestras



10. Pesaje de las muestras



11. Pesaje del aceite final

Horneado



1. Pesaje de ingredientes



2. Mezcla



3. Formación de pandeyucas



4. Pre calentamiento del horno



5. Horneado tratamiento 1



6. Horneado simultanea de 2 muestras, intensidad de tratamiento 1. Repetición del proceso para tratamientos 2 y 3.



7. Toma peso final de cada muestra



8. Determinación del tamaño final del producto

Asado a la plancha



1. Alimento crudo



2. Hidratación y formación de la masa



3. Obtención de 6 muestras de apx 100 g



4. Disposición de la plancha caliente



5. Asar por cada lado



6. Asado simultaneo de 2 unidades, intensidad de tratamiento 1. Repetición del proceso para tratamientos 2 y 3.



7. Toma peso final y medida

ANEXOS CAPITULO 5.

Anexo 5.1. Características sociodemográficas de población consumidora de panela menor de 36 meses

N(%) o medias ±DE	Total <i>N = 2140</i> (%)	0-6 meses <i>N = 68</i> (%)	7-9 meses <i>N = 150</i> (%)	10-12 meses <i>N = 183</i> (%)	13-24 meses <i>N = 863</i> (%)	25-35 meses <i>N = 876</i> (%)	p-valor¹
Sexo							0,901
Niños	1099 (51,4)	34 (50,0)	79 (52,7)	99 (54,1)	445 (51,6)	442 (50,5)	
Niñas	1041 (48,6)	34 (50,0)	71 (47,3)	84 (45,9)	418 (48,4)	434 (49,5)	
Edad (meses)	21.5 ± 8.5	4.9 ± 1.2	8.2 ± 0.8	11.0 ± 0.8	18.8 ± 3.4	29.9 ± 3.1	
Etnia							0,222
NARP ²	185 (8,7)	5 (7,4)	11 (7,3)	23 (12,6)	69 (8,0)	77 (8,8)	
Indígenas	193 (9,0)	2 (2,9)	11 (7,3)	13 (7,1)	77 (8,9)	90 (10,3)	
Mestizos	1750 (81,8)	61 (89,7)	127 (84,7)	147 (80,3)	712 (82,5)	703 (80,3)	
No reportan	12 (0,5)	0 (0)	1 (0,6)	0 (0)	5 (0,5)	6 (0,6)	
Población							0,778
Urbana	1404 (65,6)	41 (60,3)	97 (64,7)	126 (68,9)	566 (65,6)	574 (65,5)	
Rural	736 (34,4)	27 (39,7)	53 (35,3)	57 (31,1)	297 (34,4)	302 (34,5)	
Peso(Kg)	11,2 ± 2,2	7,61 ± 1,2	8,46 ± 1,1	9,24 ± 1,3	10,7 ± 1,5	12,8 ± 1,8	< 0,001
Talla (cm)	81,6 ± 8,1	68,3 ± 14,2	69,7 ± 3,4	72,9 ± 3,3	80,0 ± 4,6	88,1 ± 4,5	< 0,001
IMC (Kg/mt²)	16,7 ± 1,78	17,0 ± 2,99	17,4 ± 1,92	17,4 ± 1,69	16,7 ± 1,70	16,5 ± 1,66	< 0,001
Nivel de riqueza							0,355
Primer cuartil	1173 (54,8)	46 (67,6)	81 (54,0)	98 (53,6)	469 (54,3)	479 (54,7)	
Segundo cuartil	528 (24,7)	17 (25,0)	40 (26,7)	49 (26,8)	211 (24,4)	211 (24,1)	
Tercer cuartil	325 (15,2)	5 (7,40)	22 (14,7)	31 (16,9)	134 (15,5)	133 (15,2)	
Cuarto cuartil	114 (5,3)	0 (0)	7 (4,60)	5 (2,7)	49 (5,8)	53 (6,0)	
Región							0,483
Atlántica	199 (9,30)	10 (14,7)	18 (12,0)	20 (10,9)	74 (8,6)	77 (8,8)	
Bogotá	128 (6,0)	1 (1,50)	7 (4,7)	9 (4,9)	58 (6,7)	53 (6,1)	
Central	675 (31,5)	23 (33,8)	45 (30,0)	58 (31,7)	264 (30,6)	285 (32,5)	
Oriental	417 (19,5)	8 (11,8)	32 (21,3)	31 (16,9)	174 (20,2)	172 (19,6)	
Orinoquía	379 (17,7)	16 (23,5)	26 (17,3)	26 (14,2)	151 (17,5)	160 (18,3)	
Amazonía							
Pacífica	342 (16,0)	10 (14,7)	22 (14,7)	39 (21,4)	142 (16,4)	129 (14,7)	

¹Las diferencias entre los grupos de edad se evaluaron mediante la prueba de chi-cuadrado o test Welch's ANOVA cuando correspondía.

Anexo 5.2. Características sociodemográficas de la población consumidora de azúcar menor de 36 meses

N(%) o medias ±DE	Total	0-6 meses	7-9 meses	10-12 meses	13-24 meses	25-35 meses	P - valor ¹
	N=2920 (%)	N=169 (%)	N=240 (%)	N=272 (%)	N=1138 (%)	N=1101 (%)	
Sexo							0,288
Niños	1485 (50,9)	87 (51,2)	136 (56,7)	138 (50,7)	585 (51,4)	539 (49,0)	
Niñas	1435 (49,1)	82 (48,5)	104 (43,3)	134 (49,3)	553 (48,6)	562 (51,0)	
Edad (meses)	20,5 ± 8,9	4,3 ± 1,6	8,1 ± 0,8	11,1 ± 0,8	18,7 ± 3,5	30,0 ± 3,1	<0,001
Etnia							0,886
Comunidad NARP	325 (11,1)	18 (10,7)	24 (10)	27 (9,9)	136 (12)	120 (10,9)	
Indígena	295 (10,1)	12 (7,1)	26 (10,8)	30 (11)	104 (9,1)	123 (11,2)	
Sin etnia	2278 (78,0)	139 (82,2)	187 (77,9)	214 (78,7)	891 (78,3)	847 (76,9)	
No reporta	22 (0,8)	0 (0)	3 (1,3)	1 (0,4)	7 (0,6)	11 (1)	
Población							0,024
Urbana	2097 (71,8)	107 (63,3)	178 (74,2)	201 (73,9)	840 (73,8)	771 (70)	
Rural	823 (28,2)	62 (36,7)	62 (25,8)	71 (26,1)	298 (26,2)	330 (30)	
Peso(kg)	11,0 ± 2,8	7,0 ± 1,4	8,5 ± 1,1	9,3 ± 1,2	10,8 ± 2,9	12,8 ± 1,8	<0,001
Talla (cm)	64,1 ± 4,7	69,9 ± 3,9	72,9 ± 3,2	80,2 ± 4,8	88,2 ± 5,3	64,1 ± 4,7	<0,001
IMC (Kg/mt2)	16,80 ± 3,2	17,0 ± 1,8	17,5 ± 1,9	17,5 ± 1,7	16,8 ± 4,5	16,4 ± 1,8	<0,001
Nivel de riqueza							<0,001
1º cuartil	1548 (53,0)	117 (69,2)	136 (8,2)	148 (54,4)	563 (49,5)	584 (53,0)	
2º cuartil	791 (27,1)	32 (18,9)	69 (4,2)	70 (25,7)	338 (29,7)	282 (25,6)	
3º cuartil	429 (14,7)	19 (11,2)	28 (1,7)	43 (15,8)	169 (14,9)	170 (15,4)	
4º cuartil	152 (5,2)	1 (0,6)	7 (0,42)	11 (4,0)	68 (6,0)	65 (5,9)	
Región							<0,001
1. Atlántica	841 (28,8)	85 (50,3)	112 (46,7)	102 (37,5)	273 (24,0)	269 (24,4)	
2. Oriental	371 (12,7)	6 (3,6)	26 (10,8)	38 (14)	149 (13,1)	152 (13,8)	
3. Orinoquía-Amazonía	514 (17,6)	21 (12,4)	33 (13,8)	39 (14,3)	208 (18,3)	213 (19,3)	
4. Bogotá	171 (5,9)	7 (4,1)	7 (2,9)	11 (4,0)	80 (7,0)	66 (6,0)	
5. Central	521 (17,8)	26 (15,4)	32 (13,3)	37 (13,6)	215 (18,9)	211 (19,2)	
6. Pacífica	502 (17,2)	24 (14,2)	30 (12,5)	45 (16,5)	213 (18,7)	190 (17,3)	

¹Las diferencias entre los grupos de edad se evaluaron mediante la prueba de chi-cuadrado o test ANOVA)cuando correspondía.

Welch's

Anexo 5.3. Características sociodemográficas de población colombiana consumidora de panela y azúcar menor de 36 meses.

N(%) o medias ±DE	Total	0-6 meses	7-9 meses	10-12 meses	13-24 meses	25-35 meses	p-valor
	N=1116 (%)	N=9 (%)	N=52 (%)	N=91 (%)	N=457 (%)	N=507 (%)	
Sexo							0.772
Niños	579 (51.9)	4(44.4)	31 (59.6)	47(51.6)	240(52.5)	257(50.7)	
Niñas	537(48.1)	5(55.6)	21(40.4)	44(48.4)	217(47.5)	250(49.3)	
Edad (meses) ±DE	22.7±7.8	5.8	8.0	11.1	18.9	29.9	<0.001
Etnia							0.822
Comunidad NARP	110(9.9)	0	4(7.7)	12(13.2)	44(9.6)	50(9.9)	
Indígena	95 (8.5)	1(11.1)	3(5.8)	4(4.4)	41(9.0)	46(9.1)	
Sin etnia	907 (81.3)	8(88.9)	45(86.5)	75(82.2)	372(81.4)	407(80.3)	
No reporta	4 (0,4)	0	0	0	0	4(0.8)	
Población							0.522
Urbana	751 (67.3)	8(88.9)	34(65.4)	65(71.4)	310 (67.8)	334(65.9)	
Rural	365 (32.7)	1(11.1)	18(34.6)	26(28.6)	147(32.2)	173(34.1)	
Peso(kg) ±DE	11.5±2.143	7.6±0.919	8.6±0.95	9.4±1.30	10.8±1.55	12.9±1.82	<0.001
Talla (cm) ±DE	82.7±7.281	67.4±2.44	69.6±3.07	73.2±3.26	80.2±4.51	88.2±4.635	
IMC (kg/m²) ±DE	16.7±1.780	16.6±1.37	17.8±1.88	17.4±1.73	16.7±1.66	16.5±1.82	<0.001
Nivel de riqueza							0.481
1º cuartil	591 (53.0)	5 (55.6)	30(57.7)	49(53.8)	238(52.1)	269(53.1)	
2º cuartil	308 (27.6)	2(22.2)	17(32.2)	28(30.8)	131(28.7)	130(25.6)	
3º cuartil	160 (14.3)	2(22.2)	4(7.7)	13(14.3)	63(13.8)	78(15.4)	
4º cuartil	57 (5.1)	0	1(1.9)	1(1.1)	25(5.5)	30(5.9)	
Región							0.443
Atlántica	141 (12.6)	0	9(17.3)	14 (15.4)	57(12.5)	61(12)	
Bogotá	67 (6.0)	1(11.1)	1(1.9)	4(4.4)	31(6.8)	30(5.9)	
Central	320 (28.7)	1(11.1)	16(30.8)	21(23.1)	131(28.7)	151(29.8)	
Oriental	195 (17.5)	1 (11.1)	12(23.1)	19(20.9)	75(16.4)	88(17.4)	
Orinoquía	195 (17.5)	3(33.3)	9(17.3)	12(13.2)	80(17.5)	91(17.9)	
Amazonía	195 (17.5)	3(33.3)	9(17.3)	12(13.2)	80(17.5)	91(17.9)	
Pacífica	198 (17.7)	3(33.3)	5(9.6)	21(23.1)	83(18.2)	86(17.0)	

¹Las diferencias entre los grupos de edad se evaluaron mediante la prueba de chi-cuadrado o test ANOVA)cuando correspondía.

Welch's

RESUMEN

DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE ACRILAMIDA Y PRECURSORES EN ALIMENTOS COLOMBIANOS TRADICIONALES. PATRONES DE CONSUMO Y CARACTERIZACIÓN DE SU INGESTA

Las características propias de la alimentación tradicional en Colombia con el predominio de alimentos hidrocarbonados, así como el uso frecuente de métodos como fritura, plancha u horneado podrían favorecer la formación e ingesta de acrilamida, un compuesto potencialmente cancerígeno. En Colombia, se cuenta con información de los contenidos de este compuesto en alimentos comerciales, pero la información en preparaciones culinarias domésticas es limitada. Esta investigación tuvo como objetivos determinar y valorar el contenido de acrilamida en alimentos y preparaciones caseras tradicionales; valorar la exposición dietética a acrilamida a partir del consumo de panela y valorar el consumo de azúcares añadidos en población menor de 36 meses por representar el grupo de edad más vulnerable. Para su desarrollo, esta tesis se planteó en cinco objetivos, que dieron lugar a los procesos descritos a continuación:

Caracterización de los patrones de consumo más frecuentes en Colombia. La identificación de los patrones dietéticos y de tratamiento culinario en población colombiana se realizó en tres escenarios con tres poblaciones definidas; el primer escenario, ENSIN 2015, conformado por una muestra de población adulta (N=1464 sujetos) con dos recordatorios de 24H, tomados de la muestra representativa del país, de la Encuesta Nacional de Situación Nutricional de Colombia. El segundo, conformado por población adulta, procedente de diferentes regiones del país (N=2745 sujetos), a quienes se les aplicó un formulario de frecuencia de consumo en el estudio COVIDiet Colombia, que buscaba identificar los cambios en el comportamiento alimentario por efecto del confinamiento a nivel nacional y regional; y un tercer escenario, población universitaria, del grado de Nutrición y Dietética de Bogotá (N=53 sujetos). Los patrones se obtuvieron mediante Análisis de Componentes Principales (ACP) y las diferencias entre regiones y/o consumos fueron valoradas con estadística descriptiva. En el escenario ENSIN se identificaron dos patrones dietéticos: el “patrón tradicional” y el “patrón occidentalizado”. Los patrones de tratamientos culinarios, derivados tanto para población total, como para la población adulta de consumidores de comidas preparadas en casa, mostraron un patrón tradicional que tenían en común los métodos de hervido y fritura, así como alimentos sin tratamiento térmico o crudo y unos patrones alternativos que incluían asado, plancha, horneado y microondas. En el escenario COVIDiet se identificaron tres patrones dietarios antes del confinamiento (patrones de alimentos ricos en proteínas, ricos en carbohidratos y azúcares) y cuatro patrones dietarios durante el confinamiento (patrones occidentalizados, ricos en carbohidratos, ricos en proteínas, pescado y frutas-verduras). En población universitaria, aunque se encontraron cuatro patrones menos definidos que permiten identificar algunas tendencias a adoptar comportamientos saludables, aún persisten patrones de consumo equivalentes al tradicional y al occidentalizado.

Identificación y caracterización de preparaciones tradicionales de Colombia. Se realizó un estudio y caracterización de los alimentos tradicionales de la gastronomía colombiana, a partir de libros y recetarios del país. Con los datos recogidos se diseñó una base de datos, que incluyó 767

preparaciones de elaboración casera, procedentes de seis regiones del país. Las preparaciones tradicionales en Colombia son elaboradas, principalmente con alimentos hidrocarbonados: cereales, tubérculos, raíces y plátanos y en menor proporción carnes, pescados y frutas. Entre el 36 y 49% de las preparaciones tradicionales se elaboran con tratamientos superiores a 120° C (frituras, horneados y plancha). Se diseñaron modelos de menús tradicionales de cada región y se estimó que entre un 36 a 50% de las preparaciones podrían incluir riesgo potencial de ingesta de acrilamida.

Determinación del contenido de Acrilamida en alimentos tradicionales colombianos. Las muestras seleccionadas para la determinación de los precursores de acrilamida, acrilamida e indicadores de pardeamiento se definieron a partir del estudio de los patrones de consumo y de la caracterización de las preparaciones tradicionales. Se analizaron muestras de 20 alimentos crudos, 20 preparaciones tradicionales y 9 alimentos comerciales de consumo frecuente.

La acrilamida se ha determinado, mediante UPLC-MS/MS, en materias primas, alimentos y preparaciones de consumo frecuente en Colombia procesados a nivel doméstico con diferentes intensidades de tratamiento térmico. Patatas fritas de diferentes especies y variedades, plátanos maduros y verdes, achiras, arepuelas y yuca, entre otros, se incluyeron en el análisis tras procesos de fritura, horneado y/o plancha. El contenido de azúcares reductores, asparagina, aminoácidos totales y la intensidad de color, medido de forma indirecta, se analizaron para el estudio de la generación de acrilamida. Los valores de acrilamida más altos se obtuvieron en patatas, plátanos verdes, café y panela, siendo superiores, de forma general, a los establecidos en la reglamentación europea cuando la intensidad de tratamiento térmico es la más alta. En el procesado de arepas, arepuelas, churros, croquetas de arroz y yuca se puede conseguirse valores de acrilamida muy bajos e inferiores a 20 µg/kg.

Con los datos de acrilamida obtenidos y teniendo en cuenta el consumo medio de alimentos de la población colombiana a partir de los datos de la encuesta ENSIN se ha estimado su exposición dietaria. La ingesta fue superior a la encontrada por EFSA para la población europea y la panela fue el alimento que más contribuyó en todos los grupos de población cuando la intensidad de tratamiento térmico de las preparaciones culinarias era la más baja. La ingesta de acrilamida puede elevarse en aproximadamente un 30% cuando la intensidad de tratamiento térmico casero es intermedia y en un 50% si es alta y son las preparaciones caseras de patatas y plátano verde las que más influyeron. Los valores de MOE encontrados para la población total no representan preocupación; pero los valores encontrados para niños entre 1-4 años sugieren continuar los estudios en este grupo de edad.

Valoración de la exposición dietética de acrilamida a partir de la ingesta de panela en población menor de 36 meses. La panela es un alimento tradicional, de consumo frecuente utilizado como endulzante de preparaciones. La información fue obtenida de la encuesta ENSIN 2015, basándose en datos aportados en un recordatorio de 24 horas (R24H). El 39,5% de los niños son consumidores de panela (N=2140) y la cantidad media consumida para la población total fue de 17,10±33,79g/día y para niños consumidores de 43,32±41,94 g/día. Las coladas son las preparaciones a las que se incorpora mayor cantidad de panela, seguidas de bebidas de agua de panela. El valor medio de exposición dietética obtenido para la población total (5424 niños) fue de 1,09 µg/kg pc/d. El valor medio de exposición dietética para consumidores fue de 2,98 µg/kg pc/d.

Consumo de azúcares añadidos, procedentes de preparaciones de origen casero, por población colombiana menor de 36 meses. El consumo de azúcares en población menor de 36 meses tenía por objeto describir las fuentes de azúcares naturales añadidos y valorar su consumo por la población colombiana menor de 36 meses a partir de los datos aportados por la encuesta ENSIN, 2015. Se

seleccionaron 5447 sujetos, menores de tres años, excluyendo individuos con consumos extremos (mayor a percentil 99). Se recogieron las características sociodemográficas de la población (género, etnia, nivel de riqueza, región, hábitat, peso, talla e IMC). Las ingestas de panela y azúcar se describieron mediante estadísticos descriptivos (media, mediana, etc.), y se compararon entre los grupos de edad y otras variables mediante la prueba t-Student y ANOVA. El 73% (3929 de 5392 niños/as que conformaban la población total) consumen azúcares procedentes de fuentes alimentarias como panela, azúcar o azúcar y panela. El consumo medio estimado de la suma de panela y de azúcar es de aprox. 57 g/persona/día. De acuerdo con los resultados obtenidos, la población en general excede la recomendación del 5% referida por la OMS y dentro del grupo estudiado, los niños consumidores de azúcares añadidos lo superan ampliamente (38,9% de la energía para los menores de 6 meses y entre 28,3-31,8%, para los mayores de 7 meses).

En conclusión, este estudio identificó alimentos y/o preparaciones de la cocina tradicional colombiana, que por sus características de composición y procesamiento podrían estar asociados a la generación de acrilamida en la dieta. Con la determinación de este compuesto se encontró que los contenidos de acrilamida en alimentos procesados a nivel casero son bajos; excepto para patatas y plátanos que se procesan con una intensidad de tratamiento térmico alta. El café y la panela son los alimentos que más contribuyen a la exposición. Los valores encontrados, pone de manifiesto la necesidad de reducir la exposición a acrilamida, aportada por la panela, en niños colombianos de 0-3 años y la prioridad de investigar en profundidad la estimación del margen de exposición. Finalmente, se encontró que la ingesta de azúcares añadidos por los niños consumidores supone alrededor del 30% de los requerimientos energéticos, cifra que supera ampliamente el 5% recomendado por la OMS.