



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA  
DE MÉXICO**

---

---

**FACULTAD DE CIENCIAS**

**ANÁLISIS ESTADÍSTICO DEL ESTILO DE VIDA EN  
PACIENTES DIABÉTICOS MEDIANTE UN MODELO  
DE REGRESIÓN LOGÍSTICA ORDINAL**

**T E S I S**

**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:**

**ACTUARIA**

**P R E S E N T A:**

**MARIANA SUELEM LUNA PAREJA**



**DIRECTOR DE TESIS:  
M. en C. JOSÉ SALVADOR ZAMORA MUÑOZ  
2017**

**CIUDAD UNIVERSITARIA, CDMX**



Universidad Nacional  
Autónoma de México



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

1. Datos del alumno

Luna

Pareja

Mariana Suelem

56 08 19 37

Universidad Nacional Autónoma de México

Facultad de Ciencias

Actuaría

308314469

2. Datos del tutor

M. en C.

José Salvador

Zamora

Muñoz

3. Datos del sinodal 1

Dra.

Lizbeth

Naranjo

Albarrán

4. Datos del sinodal 2

Biól.

Ana Vianey

Rivera

Santamaría

5. Datos del sinodal 3

Dr.

Ricardo

Ramírez

Aldana

6. Datos del sinodal 4

Act.

Yolanda

Martínez

Guerrero

7. Datos del trabajo escrito.

Análisis estadístico del estilo de vida en pacientes diabéticos mediante un modelo de regresión logística ordinal

115 p

2017

*“No abandonar lo que con tanto esfuerzo he logrado”  
Dedicado a Said Iván*



## Agradecimientos

A una edad muy temprana decidí ser Actuarial, desde ese momento viví experiencias inolvidables, momentos felices y llenos de satisfacciones pero también situaciones de estrés, frustración y agotamiento. Por eso quiero agradecer a quienes formaron parte de este recorrido y que, de una forma u otra, han sido parte importante para finalizar este trabajo.

Agradezco al Mtro. Salvador Zamora, director de esta tesis, por ser guía y ejemplo a lo largo de estos años. Gracias a su apoyo incondicional, y su peculiar método de enseñanza, obtuve los conocimientos más importantes como estudiante y como profesional.

Al Dr. Ricardo Ramírez agradezco el interés mostrado por mi trabajo, sus observaciones, comentarios y sobre todo las palabras de motivación fueron determinantes en la culminación de este trabajo. También a los sinodales por compartir su conocimiento y brindarme su apoyo, gracias Dra. Lizbeth Naranjo, Biól. Vianey Rivera y Act. Yolanda Martínez.

De forma muy especial agradezco a Karina Miranda con quien estaré siempre agradecida por las enseñanzas como la mejor profesora en la Facultad, la confianza para recomendarme en mi primer trabajo, la motivación para seguir adelante con los planes, pero sobre todo por la amistad.

Dra. Aída Pareja y Dr. Jesús Luna, gracias por la ayuda en la definición del problema, la recolección de la información y la opinión profesional pero agradezco principalmente a mis padres por sus infinitos esfuerzos, desvelos, sacrificios y palabras de aliento, por estar siempre presentes. A mi hermano Said por el apoyo y la compañía en cada paso, de quien aprendo cosas nuevas cada día.

A Mario Pareja y Aurelia Rendón a quienes nunca podré pagar todo lo que hicieron para poder llegar hasta este momento y quienes siempre contarán con mi cariño, admiración y apoyo incondicional. Este recorrido fue posible gracias al cariño, la compañía, el apoyo y el ejemplo de Mireya, Elba, Sandra y Sonia, en estricto orden cronológico, modelos de éxito profesional y personal.

Agradezco la ayuda constante durante la elaboración de esta tesis a José Luis quien me brindó observaciones y correcciones desde las primeras páginas. Por confiar en mí, por el amor, el cariño y el apoyo incondicional a lo largo de estos años que resultaron ser el mejor escenario.

De igual forma, a mis amigos quienes alegraron cada día con inagotables sonrisas: Luis (chino), Rafa, Montse, Vi, Héctor, Gaby, Mar y Alex.

Finalmente a mi formación marcial, Sbn. Luis Varela gracias por enseñarme esfuerzo, voluntad, perseverancia y constancia.



# Índice general

<b>Introducción</b>	<b>9</b>
<b>1. Diabetes Mellitus</b>	<b>11</b>
1.1. DM I y DM II . . . . .	11
1.2. Complicaciones . . . . .	13
1.3. La hemoglobina glicosilada como indicador de control . . . . .	14
1.4. Tratamiento recomendado por la OMS . . . . .	15
1.5. Morbilidad, incidencia y mortalidad . . . . .	15
<b>2. Derechohabiencia y uso de servicios de salud</b>	<b>19</b>
2.1. Población total estimada de México en 2006, 2012 y 2014 . . . . .	19
2.2. Población protegida por los servicios de salud estimada en 2006, 2012 y 2014 . . . . .	20
2.3. Población amparada por ISSSTE estimada en 2006 y 2012 . . . . .	21
<b>3. Estilo de vida</b>	<b>23</b>
3.1. Instrumento para medir el estilo de vida en diabéticos (IMEVID) . . . . .	24
<b>4. Análisis descriptivo</b>	<b>25</b>
4.1. Muestra . . . . .	25
4.2. La hemoglobina glicosilada como variable respuesta . . . . .	27
4.3. Respuestas del cuestionario INMEVID . . . . .	29
<b>5. Modelo de regresión logística ordinal</b>	<b>33</b>
5.1. Conceptos preliminares . . . . .	33
5.1.1. Riesgo relativo (RR) . . . . .	34
5.1.2. Momios ( <i>Odds</i> ) . . . . .	36
5.1.3. Cociente de momios (OR) . . . . .	37
5.1.4. Regresión logística . . . . .	38
5.2. Construcción del modelo de regresión logística ordinal . . . . .	39
5.3. El modelo de momios proporcionales . . . . .	40
5.4. Inferencia sobre el modelo . . . . .	43
5.4.1. Estimación . . . . .	43
5.4.2. Interpretación . . . . .	43
5.4.3. Bondad de ajuste . . . . .	44

<b>6. Aplicación del modelo</b>	<b>47</b>
6.1. Selección de variables . . . . .	47
6.2. Ajuste del modelo . . . . .	50
6.3. Interpretación . . . . .	51
6.4. Momios proporcionales . . . . .	59
6.5. Bondad de ajuste . . . . .	60
6.6. Predicción . . . . .	61
<b>7. Conclusiones</b>	<b>69</b>
<b>A. INMEVID</b>	<b>71</b>
<b>B. Descripción de las variables significativas</b>	<b>77</b>
B.1. Diagnóstico de Peso . . . . .	77
B.2. Dextrosa postprandial . . . . .	81
B.3. P3 ¿Cuántas piezas de pan come al día? . . . . .	84
B.4. P10 ¿Con qué frecuencia hace ejercicio? . . . . .	87
B.5. P15 ¿Consume bebidas alcohólicas? . . . . .	92
B.6. P20 ¿Se siente triste? . . . . .	96
B.7. P23 ¿Sigue dieta para diabético? . . . . .	101
B.8. P25 ¿Sigue las instrucciones médicas que se le indican? . . . . .	105
<b>C. Código en R</b>	<b>109</b>
<b>Bibliografía</b>	<b>113</b>

# Introducción

La diabetes mellitus (DM) es una de las enfermedades crónico degenerativas más frecuentes en México y en gran parte del mundo. Las complicaciones que se derivan de esta enfermedad no sólo afectan de manera orgánica el sistema de quien la padece, también provocan trastornos en la calidad de vida que podrían afectar la respuesta adecuada al tratamiento.

La Encuesta Nacional de Salud y Nutrición (en adelante ENSANUT 2012) reportó diabetes mellitus y complicaciones derivadas de ésta entre las principales causas de muerte en México. Aproximadamente 6.4 millones de personas refirieron haber sido diagnosticadas con diabetes [1].

De acuerdo con la ENSANUT 2012, la proporción de adultos con diagnóstico previo de diabetes es de 9.2 %, comportamiento que se ha presentado de forma creciente pues seis años antes la ENSANUT 2006 reportó que el 7.3 % de los adultos entrevistados fueron diagnosticados con diabetes. Doce años antes la Encuesta Nacional de Salud (ENSA) 2000 reportó una proporción de 4.6 % de adultos con diagnóstico previo.

El procedimiento de recopilación de información de la ENSANUT aún no cuenta con métodos de medición de glucosa por lo que una persona entrevistada reporta padecer diabetes solamente si se le realizaron los análisis de laboratorio necesarios y ha sido diagnosticada por un médico con anterioridad. Por lo tanto, no es posible identificar con certeza si este hallazgo representa un incremento real en la prevalencia del padecimiento o se trata de un incremento ocasionado por fomentar actividades de detección, aumentando así la cantidad de personas que saben que tienen diabetes.

El total de personas adultas con diabetes podría ser el doble [2] (de acuerdo a la evidencia previa sobre el porcentaje de personas con diabetes que no conoce su condición). En consecuencia, las complicaciones diabéticas se encuentran en aumento, un paciente cuya diabetes no se encuentra controlada presenta hiperglucemia la cual daña gravemente órganos, nervios y vasos sanguíneos, provocando padecimientos cardiovasculares, ceguera, insuficiencia renal, entre otras complicaciones.

Además de las medidas tomadas por el Sector Salud para incentivar la prevención, resulta igual de importante el tratamiento y control de los pacientes ya diagnosticados debido al creciente número de personas con este padecimiento y a la fuerte cantidad de muertes causadas por las complicaciones derivadas.

El constante aumento de personas diagnosticadas con diabetes mellitus implica esfuerzos conjuntos entre los prestadores de servicios de salud, el paciente y sus familias. A partir del diagnóstico se generan gastos importantes, el tratamiento médico que se indique al paciente tendrá que seguirse de forma estricta, usualmente, utilizando hipoglicemiantes en ocasiones combinados con insulina causando un costo económico. Además, se genera un costo emocional en los pacientes y en las familias quienes tienen que adoptar estilos de vida más saludables y formar una red de apoyo así como capacitarse en caso de ocurrir alguna situación de emergencia causada por descompensaciones del paciente diabético. Por esta razón, es importante realizar una revisión del estilo de vida del paciente, verificar la adherencia al tratamiento médico, nutricional y psicológico, y en caso de ser necesario sugerir modificaciones que ayuden al paciente a alcanzar el control de su diabetes.

Con la intención de lograr una buena calidad de vida para los pacientes, el objetivo de este trabajo es mostrar que además del tratamiento farmacológico es necesario llevar un estilo de vida adecuado el cual como consecuencia provocará una mejora en el control del nivel de glucosa en sangre, y ayudará a disminuir el riesgo de presentar alguna de las complicaciones derivadas de la enfermedad.

Al analizar el estilo de vida de los pacientes diabéticos, mediante un modelo de regresión ordinal, se podrán proponer acciones sencillas que ayuden a mejorar la calidad de vida del paciente y lograr obtener una mejor respuesta al tratamiento indicado por el médico. Además, se busca disminuir los gastos económicos y psicológicos tanto para los pacientes como para las familias causados por las constantes descompensaciones del paciente.

# Capítulo 1

## Diabetes Mellitus

Una de las organizaciones más importantes por su labor en investigación, desarrollo y apoyo a personas con diabetes es la *International Diabetes Federation (IDF)*, formada por más de 230 asociaciones de diabetes en 170 países. La IDF brinda la siguiente definición: “La diabetes mellitus (DM) es una afección crónica degenerativa que se desencadena cuando el organismo pierde su capacidad de producir suficiente insulina o de utilizarla con eficacia [3]. La insulina es una hormona que se fabrica en el páncreas y que permite que la glucosa de los alimentos pase a las células del organismo, en donde se convierte en energía para que funcionen los músculos y los tejidos.” Como resultado, una persona con diabetes no absorbe la glucosa adecuadamente, de modo que ésta queda circulando en la sangre (hiperglucemia), dañando los tejidos con el paso del tiempo. Este deterioro causa complicaciones graves para la salud. Existen dos principales tipos de diabetes mellitus, diabetes tipo I y diabetes tipo II.

### 1.1. DM I y DM II

Inicialmente, las DM tipo I y II se consideran dos enfermedades con etiología y fisiología distintas que comparten un mismo fenómeno bioquímico, desarrollan complicaciones vasculares similares en distintos tiempos y dependen de los factores de riesgo cardiovascular (FRCV) asociados. Sobre la DM como enfermedad sistémica caben los siguientes matices: es una enfermedad metabólica en su origen y fundamentalmente vascular en su expresión clínica que está adquiriendo proporciones de auténtica epidemia, con una elevada morbilidad, constituye un verdadero problema sanitario y socioeconómico [4].

La diabetes tipo I es un padecimiento de origen autoinmune, es decir, las células beta, encargadas de producir la insulina, son desconocidas y destruidas por el propio sistema inmunológico. Este proceso de autodestrucción es gradual, y los síntomas comienzan cuando gran parte de las células ya han sido eliminadas. Se ha logrado identificar que esto puede comenzar varios años antes de que aparezcan los síntomas y se diagnostique a la persona con diabetes, se cree que sucede por factores hereditarios y que a partir de un detonante termina por manifestarse en diabetes, pero aún se desconoce la ra-

zón precisa por la cual se presenta este padecimiento. Como resultado, el organismo deja de producir la insulina que necesita generalmente durante la niñez o en la adolescencia por lo que los pacientes necesitan inyecciones de insulina durante toda la vida.

Cuadro clínico:

- Aumento de la frecuencia urinaria (poliuria), sed (polidipsia), hambre (polifagia) y baja de peso inexplicable.
- Entumecimiento de las extremidades, dolores (disestesias) de los pies, fatiga y visión borrosa.
- Infecciones recurrentes o graves.
- Pérdida de la conciencia, náuseas y vómitos intensos, indicadores de cetoacidosis. Cuando el cuerpo no cuenta con glucosa metaboliza grasa en su lugar formando cuerpos cetoácidos, tóxicos en niveles altos y causantes de cetoacidosis.

La diabetes tipo II es la forma más común de diabetes, suele presentarse en adultos y adultos mayores pero cada vez es más común encontrarla en adolescentes y niños. Puede considerarse un síndrome metabólico crónico, caracterizado por hiperglucemia, resistencia tisular a la acción de la insulina (hígado, músculo y tejido graso) y la insuficiente capacidad celular de secretar insulina.

Es decir, cuando el hígado produce glucosa en exceso y al mismo tiempo los tejidos, principalmente el muscular, disminuyen el aprovechamiento de la insulina, el nivel de glucosa en sangre se eleva, como consecuencia hay un defecto en la utilización de la insulina también llamado “*resistencia a la insulina*” y la producción de la hormona deja de ser suficiente.

Existen factores de alto riesgo que pueden favorecer el desarrollo de DM II mismos que deben ser atendidos con acciones preventivas. Dichos factores son: obesidad, mala alimentación, falta de actividad física, antecedentes familiares de diabetes, nutrición inadecuada durante el embarazo, entre otros que, si bien no son causantes, pueden actuar como detonantes.

Cuadro clínico:

- Los pacientes a veces no presentan manifestaciones clínicas o éstas son mínimas durante varios años antes del diagnóstico.
- Pueden presentar poliuria, polidipsia, polifagia y baja de peso inexplicable.
- También pueden padecer entumecimiento de las extremidades, disestesias de los pies y visión borrosa. Pueden sufrir infecciones recurrentes o graves.
- A veces la enfermedad se manifiesta por pérdida de la conciencia pero es menos frecuente que en la DM I.

**Diagnóstico recomendado por la Organización Mundial de la Salud (OMS):**

- Se establece mediante la presencia de los signos clásicos de hiperglucemia y una prueba sanguínea anormal: una concentración plasmática de glucosa  $\geq 7\text{mmol/L}$  (o  $126\text{mg/dL}$ ) o bien  $\geq 11.1\text{mmol/L}$  (o  $200\text{mg/dL}$ ) dos horas después de beber una solución con  $75\text{g}$  de glucosa.
- Si no aparecen las manifestaciones clínicas clásicas, el diagnóstico se puede efectuar cuando hay pruebas sanguíneas anormales en dos días diferentes.
- Se aplica la prueba de mayor confiabilidad, la hemoglobina glucosilada (HbA1C) para conocer una aproximación del control metabólico del nivel de glucosa sanguíneo en los dos o tres meses anteriores. Esta prueba también se usa para orientar las modificaciones del tratamiento farmacológico.
- En algunos pacientes asintomáticos el diagnóstico se establece mediante el tamizaje en grupos de riesgo elevado, es decir, en una visita ordinaria al médico, éste puede reconocer que el paciente tiene un riesgo elevado de contraer diabetes y recomendar que se le haga una prueba de tamizaje.

## 1.2. Complicaciones

Un paciente diabético es más propenso a desarrollar una serie de problemas de salud graves. Principalmente, el alto nivel de glucosa afecta el corazón, vasos sanguíneos, sistema nervioso, ojos y riñones [5].

**Daño ocular.** Muchos de los pacientes desarrollan retinopatía del diabético que va desde pérdida parcial hasta total de la visión. Los vasos sanguíneos que irrigan la retina se ven afectados por altos niveles de glucosa, el daño puede ser imperceptible y progresivo hasta causar ceguera por lo que es importante realizar exámenes periódicos.

**Enfermedades cardiovasculares.** Son las enfermedades más comunes en el paciente diabético y la causa más frecuente de comorbilidad. Un alto nivel de glucosa en sangre provoca endurecimiento en las arterias este proceso puede provocar infarto al miocardio, enfermedad cerebrovascular (EVC), disminución en la circulación a extremidades causando dolor y una mala curación en heridas infectadas.

**Nefropatía.** Causada por lesiones de los vasos sanguíneos que irrigan los riñones causando insuficiencia renal. Cuando el daño renal es alto se requieren diálisis o trasplante de riñón.

**Neuropatía.** Es el daño causado a los nervios por altos niveles de glucosa en la sangre. Causa dolor, hormigueo y pérdida de la sensibilidad en extremidades, comúnmente en pies. La falta de sensibilidad permite que las lesiones presenten ulceración, infecciones graves y en casos graves amputación.

Otras complicaciones son cetoacidosis, gastroparesia, coma hiperglucémico, lesiones dérmicas, y lesiones en boca como periodontitis.

### 1.3. La hemoglobina glicosilada como indicador de control

Una prueba rápida de glucosa en sangre no puede ser tomada como insumo único para el tratamiento que un médico determina para su paciente ya que esta prueba puede verse alterada si el paciente realizó ayuno o cambió ciertas actividades que alteraran su nivel de glucosa por un corto periodo.

La medición de hemoglobina glicosilada o glucosilada (HbA1c) mediante una prueba de laboratorio es utilizada para conocer los niveles de glucosa que ha presentado un paciente durante un periodo de entre dos y tres meses, de tal forma que el médico podrá conocer el control glucémico, realizar un seguimiento y adecuar el tratamiento de control, independientemente de las últimas actividades del paciente.

La hemoglobina es una proteína sanguínea cuya función es captar el oxígeno de los alveolos pulmonares y transportarlo a los tejidos. Cuando la glucosa se une a la hemoglobina se forma una heteroproteína sanguínea llamada hemoglobina glicosilada o HbA1c.

Esta unión se mantiene hasta que el glóbulo rojo es desechado, en aproximadamente 120 días, lo que hace que la concentración de HbA1c sea un mejor indicador de los niveles de glucosa en sangre, de aquí que sea tomado como indicador del control del paciente diabético y variable respuesta en el modelo de regresión.

La OMS, la *American Diabetes Association*, junto con los Institutos de Investigación de Diabetes y autoridades del Sector Salud en el mundo han establecido una categorización del nivel de hemoglobina glicosilada, mostrada en la Tabla 1.1.

Se considera un buen control del nivel de hemoglobina glicosilada cuando se encuentra entre 4% y 7%, un control regular si está entre 7% y 9% y un mal control cuando se reportan valores por encima del 9%, aumentando el riesgo de presentar complicaciones.

Es importante mencionar que actualmente se utiliza el término hemoglobina glicada en lugar de glucosilada, resulta más adecuado pues la glucosilación es un proceso regulado, mientras que la glicación es un proceso espontáneo y aleatorio. Sin embargo existen bibliografía y referencias a la hemoglobina glucosilada que se citan más adelante así como cifras que fueron validadas por la OMS y distintas autoridades del Sector Salud en México.

Media de glucemias	Hemoglobina glicosilada
80 mg/dL - 120 mg/dL	5 % - 6 %
120 mg/dL - 150 mg/dL	6 % - 7 %
150 mg/dL - 180 mg/dL	7 % - 8 %
180 mg/dL - 210 mg/dL	8 % - 9 %
210 mg/dL - 240 mg/dL	9 % - 10 %
240 mg/dL - 270 mg/dL	10 % - 11 %
270 mg/dL - 300 mg/dL	11 % - 12 %
300 mg/dL - 330 mg/dL	12 % - 13 %

Cálculo aproximado entre hemoglobina glucosilada y promedio de glucemias en ayunas

Tabla 1.1: Niveles de hemoglobina glicosilada.

## 1.4. Tratamiento recomendado por la OMS

El objetivo del tratamiento es disminuir las concentraciones sanguíneas de glucosa a los valores normales para aliviar los síntomas y prevenir la aparición de complicaciones. Los pacientes son tratados con dieta, ejercicio, medicamentos orales e insulina.

Se indican glucómetros para la vigilancia de la glucosa sanguínea por el propio paciente, detección temprana y tratamiento oportuno de las complicaciones, examen de los ojos, prueba de orina, cuidado de los pies y remisión con el especialista cuando sea necesario.

Es importante la orientación que se brinde al paciente en materia de vigilancia para reconocer los signos y síntomas de la hipoglucemia tales como hambre, palpitaciones, temblores, sudores, somnolencia y mareo. Dando la misma importancia en el apoyo y orientación para el paciente en materia de alimentación saludable y adecuada, actividades físicas, cuidado de los pies, así como un buen estilo de vida cuidando hábitos saludables.

## 1.5. Morbilidad, incidencia y mortalidad

La muerte es inevitable pero las causas de muerte han evolucionado junto con los humanos a través de los siglos, la longevidad se paga con el deterioro del organismo y la aparición de enfermedades crónico-degenerativas. De igual forma, el estilo de vida sedentario y de mala alimentación que hemos adoptado predispone la aparición de ciertos padecimientos como la diabetes. Éstos y otros factores han sido favorables para colocar a la diabetes entre las primeras causas de muerte, aunque se conoce su existencia desde varios siglos atrás, en las últimas décadas ha cobrado miles de vidas.

## A nivel mundial

La Federación Internacional de Diabetes (IDF), reportó que a nivel mundial existen más de 315 millones de personas diagnosticadas con diabetes [5].

La OMS calcula que en 2004 fallecieron cerca de 3.4 millones de personas como consecuencia de la hiperglucemia, para el 2012 causó 4.8 millones de muertes. Más del 80 % de las muertes se registraron en países de ingresos bajos y medios [6]. Casi la mitad de esas muertes corresponden a personas de menos de 70 años, cada vez es menor la edad de las personas que padecen y mueren a causa de la hiperglucemia.

La OMS ha dado a conocer que estiman que los fallecimientos como consecuencia de la diabetes y sus complicaciones se dupliquen para el año 2030. De los individuos diagnosticados con diabetes, reporta que el 90 % padecen DM II, asociados en gran medida al sobrepeso, la obesidad y a la inactividad física.

México ocupa el 6° lugar mundial en número de personas con diabetes, el tratamiento de la enfermedad ha originado al menos 471,000 millones de dólares de gasto sanitario en 2012 que representa el 11 % de los gastos totales en salud pública en adultos (20-79 años).

## En México

De acuerdo con la información sobre mortalidad publicada por INEGI [7], en la primera mitad del siglo XX, la esperanza de vida era de 35 años, las personas morían principalmente a causa de enfermedades transmisibles como parásitos e infecciones en el aparato digestivo o respiratorio, padecimientos que se controlaron y en algunos casos se erradicaron.

Entre los años 1960 y 2000 el número de muertes por enfermedades transmisibles disminuyó, pero aumentaron las muertes ocasionadas por cáncer, accidentes y las derivadas de la violencia.

Para 2005, entre las principales causas se encontraban enfermedades del corazón, tumores malignos y diabetes mellitus.

Finalmente, en 2012 la esperanza de vida alcanzó los 74 años. Entre las causas de muerte de los mexicanos se encontraron las enfermedades isquémicas del corazón, las del hígado, diabetes mellitus y tumores malignos, enfermedades de mayor incidencia en personas añosas aunque cada vez se reportan más casos incidentes en personas jóvenes. Estos padecimientos representaron 37.2 % de las defunciones totales.

En ese mismo año fallecieron más de 85 mil personas por diabetes mellitus, convirtiéndose en la principal causa de muerte en México, con una tasa de incidencia de 72.7

defunciones por cada 100 mil habitantes, de esas defunciones, el 74 % se concentra en la población de 60 años y más [8].

Los datos de la ENSANUT 2012 reportan que 6.4 millones de adultos mexicanos han sido diagnosticados con diabetes, quienes representan 9.2 % de los adultos en México.

Del total de diabéticos diagnosticados, 14.2 % (900 mil), reportaron no acudir a su control médico en los 12 meses previos a la entrevista. Es decir, no se encuentran en tratamiento y por lo tanto están retrasando acciones para prevenir las complicaciones derivadas [1].

En relación con la comorbilidad por hipertensión, 47 % del total de la población de 20 años o más también ha recibido un diagnóstico de hipertensión, 4.3 % (cerca de 3 millones de adultos) viven con diabetes e hipertensión.

Para las complicaciones más frecuentes, del total de individuos que reportan diagnóstico previo, 47.6 % (3 millones) reportaron visión disminuida, 38 % (2.4 millones) disestesias en extremidades, principalmente pies, 13.9 % (889 mil) retinopatía y otros padecimientos en la retina. Por gravedad, 2 % (128 mil) reportaron amputaciones, 1.4 % (89 mil) requieren diálisis y 2.8 % (182 mil) sufrieron infartos.



## Capítulo 2

# Derechohabiencia y uso de servicios de salud

### 2.1. Población total estimada de México en 2006, 2012 y 2014

Año	Población total	Población con DMII (%)
2006	104,859,992	7.30 %
2012	117,053,750	9.20 %
2014	119,713,203	9.80 %

Tabla 2.1: Población en México y población con diabetes.

La población en México aumenta a gran velocidad, como se muestra en la Tabla 2.1, en un periodo de seis años el incremento fue de cerca de 13 millones de personas. Para el periodo entre 2012 y 2014 este incremento fue de aproximadamente un millón de personas por año. De igual forma, la población diagnosticada con DM II es cada vez mayor así como la atención especializada que requieren.

Las personas de edad avanzada y los pacientes diabéticos son los principales usuarios de los servicios del Sector Salud y también son los grupos que aumentan a gran velocidad, por lo cual los prestadores de servicios de salud deben tomar precauciones para brindar la atención necesaria de forma eficiente año con año.

Los pacientes que cuentan con seguridad social hacen uso de estos recursos pero una gran cantidad de mexicanos no cuentan con una adscripción a algún régimen de seguridad social lo que aumenta la probabilidad de presentar las enfermedades consecuencia de la hiperglucemia.

## 2.2. Población protegida por los servicios de salud estimada en 2006, 2012 y 2014

En la Tabla 2.2 se muestra la población derechohabiente de las diferentes instituciones que proveen servicios de salud, cabe mencionar que es posible que una persona puede ser derechohabiente de varias instituciones por lo que las cantidades totales no coincidirían con el total de la población ni con la población ocupada.

Año	IMSS <sup>a</sup>	ISSSTE	PEMEX	SEMAR	Estatales	Seguro popular
2006	46,636,000	10,799,000	712,000	169,000	3,217,000	15,672,000
2012	57,476,000	12,450,000	755,000	279,000	515,000	52,908,000
2014 <sup>b</sup>	57,952,000	12,753,000	770,000	291,000	435,000	55,602,000

Tabla 2.2: Población derechohabiente por institución.

**a.** La población del IMSS incluye asegurados, pensionados y familiares dependientes. Las cifras de asegurados y pensionados son determinadas con base en los registros administrativos del IMSS, mientras que la cantidad de familiares corresponde a estimaciones determinadas por coeficientes familiares, éstos corresponden al promedio del número de derechohabientes por familia y se aplican al número de trabajadores asegurados y de pensionados.

**b.** Para el IMSS y Seguro Popular, las cifras son estimadas al mes de junio, para el ISSSTE las cifras son estimadas al mes de diciembre.

Es importante conocer el tamaño de la población de cada institución [9] así como las características específicas de las personas que hacen uso de los servicios de salud, así, cada institución podrá destinar recursos para métodos de prevención y estimar los necesarios para atender a los pacientes diabéticos de forma óptima. En la Figura 2.1 se puede observar que las instituciones con poblaciones más grandes son también aquellas cuyos pacientes, seguramente, tendrán mayores problemas para adquirir los medicamentos necesarios para tratar su enfermedad y monitorear el progreso del tratamiento. Estos mismos pacientes son los que presentarán un deterioro a mayor velocidad por lo que las instituciones deben estar preparadas para atender las enfermedades derivadas de una población cada vez mayor.

## Derechohabiencia y uso de servicios de salud

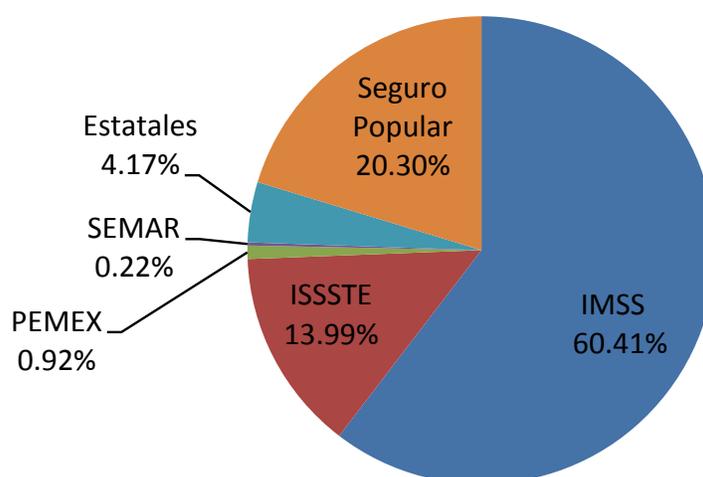


Figura 2.1: Población amparada por los principales servicios de salud en México.

### 2.3. Población amparada por ISSSTE estimada en 2006 y 2012

Para el análisis del estilo de vida en pacientes diabéticos se aplicó el instrumento de medición INMEVID a una población específica del ISSSTE. Por ello, resulta importante desglosar la cantidad de personas que atiende la institución a nivel sectorial e identificar el incremento de derechohabientes que se presentó de 2006 a 2012, esta información se encuentra contenida en las Tablas 2.3 y 2.4.

En el año 2006, el ISSSTE brindaba servicio a 10 millones de mexicanos y para el año 2012 la cifra incrementó a 12 millones, lo que representa un aumento del 15%. Para ese año, cerca del 11% de los 117 millones de mexicanos se encuentran registrados en el ISSSTE, de los cuales, poco más de un millón se encuentran en la zona sur, que representa apenas el 1% de la población nacional.

El INMEVID se aplicó en una clínica de medicina familiar del ISSSTE en la zona sur, en el módulo de atención especial a pacientes diabéticos y se contó con la participación de 200 pacientes. Aunque el módulo de atención especializada ha llegado a registrar cerca de mil pacientes, la baja participación se debe a que son solamente 200 los pacientes que asisten con regularidad a sus citas de control. La mayoría de los pacientes que son referidos al módulo asisten a una cita y dejan de asistir, por lo que la mayoría de los pacientes regresan con un grave descontrol y la mayoría de las veces presentando alguna de las enfermedades que su padecimiento desencadena.

Con esto se hace evidente la pequeña parte de la población que cuenta con acceso a los servicios de salud, haciendo congruente la posibilidad de que la población de individuos con diabetes sea mucho mayor y que éstos no tengan conciencia de su estado. Además, resulta alarmante el escaso nivel de seguimiento por parte de los pacientes ya diagnosticados. Es una ardua labor que deben realizar el médico, el paciente y la red de apoyo del paciente para que el nivel de glucosa sea controlado y no genere más enfermedades que se traducen en gasto económico, físico y emocional.

<b>Anuario Estadístico 2006</b>					
<b>Población Amparada por Entidad Federativa</b>					
<b>Delegación</b>	<b>Total</b>	<b>Trabajadores</b>	<b>Familiares</b>	<b>Pensionistas</b>	<b>Familiares de Pensionistas</b>
<b>Total Nacional</b>	<b>10,798,948</b>	<b>2,424,773</b>	<b>7,297,397</b>	<b>578,392</b>	<b>498,386</b>
<b>Distrito Federal</b>	<b>3,248,110</b>	<b>677,452</b>	<b>2,203,514</b>	<b>197,535</b>	<b>169,609</b>
<b>Zona Norte</b>	764,959	159,544	518,949	46,524	39,942
<b>Zona Oriente</b>	789,283	164,618	535,444	48,002	41,219
<b>Zona Sur</b>	1,116,356	232,837	757,338	67,890	58,291
<b>Zona Poniente</b>	577,512	120,453	391,783	35,119	30,157

Tabla 2.3: Distribución por zona geográfica de los derechohabientes del ISSSTE en 2006.

<b>Anuario Estadístico 2012</b>					
<b>Población Amparada por Entidad Federativa</b>					
<b>Delegación</b>	<b>Total</b>	<b>Trabajadores</b>	<b>Familiares</b>	<b>Pensionistas</b>	<b>Familiares de Pensionistas</b>
<b>Total Nacional</b>	<b>12,449,609</b>	<b>2,725,635</b>	<b>7,911,257</b>	<b>874,428</b>	<b>938,289</b>
<b>Distrito Federal</b>	<b>3,212,847</b>	<b>706,315</b>	<b>2,032,697</b>	<b>254,920</b>	<b>218,915</b>
<b>Zona Norte</b>	756,654	166,342	478,720	60,039	51,553
<b>Zona Oriente</b>	780,718	171,632	493,937	61,947	53,202
<b>Zona Sur</b>	1,104,235	242,757	698,627	87,613	75,238
<b>Zona Poniente</b>	571,240	125,584	361,413	45,321	38,922

Tabla 2.4: Distribución por zona geográfica de los derechohabientes del ISSSTE en 2012.

# Capítulo 3

## Estilo de vida

Después de muchos años de tratar las enfermedades como eventos independientes, los investigadores a lo largo del tiempo han descubierto que existe una relación entre el estado físico y el emocional de las personas. Muchas enfermedades de la época actual son consecuencia de factores como el estrés, la depresión y la ansiedad. El principal factor que repercute de forma directa en la salud es el estilo de vida.

El estilo de vida es considerado por la Organización Mundial de la Salud como la manera general de vivir, basada en la interacción entre las condiciones de vida y los patrones individuales de conducta, de esta manera, ha propuesto la siguiente definición: "Los estilos de vida son patrones de conducta que han sido elegidos de las alternativas disponibles para la gente, de acuerdo a su capacidad para elegir, a sus circunstancias socioeconómicas y a factores socioculturales"[10].

Especialmente para los pacientes diabéticos, el estilo de vida resulta muy importante. Sabemos que la diabetes (DM II) resulta de la combinación de factores genéticos y ambientales, siendo el principal el estilo de vida. Las modificaciones adecuadas al estilo de vida son cruciales en el paciente diabético para controlar, minimizar y prevenir los daños degenerativos del organismo.

El tipo de alimentación, el tipo y la frecuencia de actividad física, el consumo de bebidas alcohólicas y tabaco, entre otros, serán los patrones de conducta asociados más importantes.

### 3.1. Instrumento para medir el estilo de vida en diabéticos (IMEVID)

Una vez establecida la importancia del estilo de vida en la salud del ser humano, se han desarrollado instrumentos de evaluación que ayudan a conocer y mejorar la calidad de vida del paciente. Sin embargo, hasta el 2003 no se contaba con un instrumento validado para medir el estilo de vida en pacientes diabéticos. En ese año se publicó el cuestionario de autoadministración llamado Instrumento para Medir el Estilo de Vida en Diabéticos (IMEVID), que cuenta con las características específicas que permiten al personal de salud medir el estilo de vida de los pacientes con DM II, según los autores, de una manera rápida, válida y confiable.

El IMEVID es el primer instrumento de autoadministración en idioma español, diseñado para medir el estilo de vida en pacientes ambulatorios con diabetes mellitus tipo 2, que es fácil de contestar por los encuestados y fácil de calificar para el personal de salud. Puede aplicarse inclusive en la sala de espera para obtener de manera rápida y confiable información útil sobre algunos componentes del estilo de vida que pueden ser de importancia para el curso clínico de esta enfermedad, permitiendo identificar conductas de riesgo, aceptadas como ciertas por los pacientes, que pueden ser potencialmente modificables mediante consejería específica o integración de los sujetos que lo requieran a grupos de autoayuda o de intervención específica.

Herramientas clínicas con estas características pueden ayudar a los médicos y a los pacientes a identificar componentes del estilo de vida desfavorables para el curso clínico de la diabetes tipo 2 y a decidir, de manera conjunta, maniobras de intervención específica para modificarlos. La aplicación seriada del instrumento pudiera ser de utilidad también para evaluar el efecto de las intervenciones implantadas [10].

Los pacientes diabéticos que formaron parte de este análisis contestaron de forma voluntaria e independiente el cuestionario INMEVID y un anexo biométrico con las medidas a partir de las cuales los médicos llevan el control de los pacientes, véase apéndice A.

# Capítulo 4

## Análisis descriptivo

### 4.1. Muestra

La población que participó corresponde a pacientes diabéticos de la Clínica de Medicina Familiar “Dr. Ignacio Chávez” perteneciente al ISSSTE. La prevención ha sido una de las principales preocupaciones de esta clínica. Cuenta con diferentes módulos y actividades como apoyo para los derechohabientes. Uno de los más importantes y con mejor respuesta ha sido el módulo de atención a pacientes diabéticos descompensados.

Un paciente es referido al módulo de atención si después de haber llevado el tratamiento que su médico le prescribe no logra un buen control en el nivel de glucosa en sangre. Es decir, a este módulo han sido referidos los pacientes que han tenido un mal control de diabetes por tiempo prolongado. El paciente debe asistir con regularidad a citas de control donde se hacen pruebas rápidas de glucosa, de hemoglobina glicada, biométricas y se ajustan las dosis de los medicamentos. Además, cuentan con apoyo nutricional, psicológico, dental y de activación física.

Aunque se cuenta con una red de colaboración entre los especialistas de la institución y se hace una invitación para asistir a las consultas y los seguimientos en cada módulo especializado, es responsabilidad del paciente tomar la decisión de participar en los talleres y actividades complementarias de apoyo.

Los pacientes que asisten con regularidad a las consultas del módulo de atención a pacientes diabéticos fueron invitados a participar en el proyecto, quienes después de leer y firmar el documento de consentimiento informado (ver apéndice A) contestaron de forma voluntaria e independiente el INMEVID.

Se contó con la respuesta de 200 pacientes, población total regular del módulo. El conjunto de los 200 instrumentos contestados fueron capturados utilizando el programa *Microsoft Office Excel* como apoyo para la creación de la base de datos que es el insumo principal para la elaboración del modelo propuesto.

Variable	Min.	1st Qu.	Median	Mean	3rd Qu.	Max.
Hemoglobina Glicosilada (%)	4.5	6.1	6.7	6.756	6.9	12.8
Edad	14	53	60	58.87	67	86
Peso (Kg)	41	62.5	72.8	73.9	81.62	143
Talla (M)	1.33	1.518	1.57	1.581	1.642	1.88
IMC	18.72	26.19	28.92	29.47	32.7	44.06
Perímetro abdominal (cm)	65	91	97.5	98.72	105.2	164
Dextrosa en Ayuno (mg/dL)	70	82	95	100.3	115.5	186
Dextrosa Postprandial (mg/dL)	83	130.8	148	150.6	164.2	319
Sístole (por minuto)	90	110	120	116.6	120	165
Diástole (por minuto)	60	70	80	75.17	80	105
Frecuencia respiratoria	16	18	18	18.7	20	24

Tabla 4.1: Resumen de medidas biométricas.

Cada paciente cuenta con características biométricas particulares resumidas en la Tabla 4.1 y estilos de vida diferentes, representados en las preguntas del INMEVID. La población se compone por 72 hombres y 128 mujeres, con edades entre 14 y 86 años, con una media de 59 años. Aunque la diabetes se asocia con personas de edad avanzada cada vez es más frecuente su aparición en edades más tempranas y esto se ve reflejado en esta población, ya que 25 personas tienen edades debajo de los 45 años, representando el 12% de los pacientes diabéticos del módulo.

La OMS recomienda mantener el perímetro abdominal por debajo de los 88 *cm* en mujeres y 102 *cm* en hombres. El 82% de las mujeres participantes tienen un perímetro abdominal mayor al recomendado y el 38% en el caso de los hombres.

Con ayuda del peso y la talla se construye el índice de masa corporal (IMC). Es deseable un peso normal correspondiente a un IMC menor a 25. Sin embargo, el promedio se encuentra en 29.47, cerca del límite para convertirse en obesidad. El 16% de la población obtuvo un peso normal, el 45% presenta sobrepeso, el 36% obesidad y el 3% obesidad mórbida.

Para la dextrosa la OMS estableció como criterio para una hiperglucemia valores mayores a 126 *mg/dL* en ayunas y 200 *mg/dL* para dextrosa postprandial. La mayoría de los pacientes tienen valores aceptables de dextrosa en ayuno, sólo el 13% se encuentra por arriba del valor deseado. Para la dextrosa postprandial, la mayoría de los pacientes registró valores adecuados con una media de 150 *mg/dL*. Aunque sólo el 6% de los pacientes superó el valor deseado, es importante mencionar que éstos presentaron valores mayores a 200 *mg/dL* lo cual, aunque es alarmante, tiene sentido pues los pacientes referidos al módulo de atención son aquellos con un mal control de la enfermedad.

## 4.2. La hemoglobina glicosilada como variable respuesta

El control de los pacientes diabéticos es monitoreado por los expertos de salud a través de los resultados de la prueba de hemoglobina glicosilada HbA1c, como se menciona en el capítulo anterior, porque representa el comportamiento del nivel de glucosa en los 2 o 3 meses anteriores. Por esta razón, el valor que resulta de la prueba es considerado la variable dependiente del modelo, la cual será afectada con los cambios que se produzcan en las variables encargadas de representar el estilo de vida. Así, se podrá identificar aquellas acciones que beneficien el control de la enfermedad.

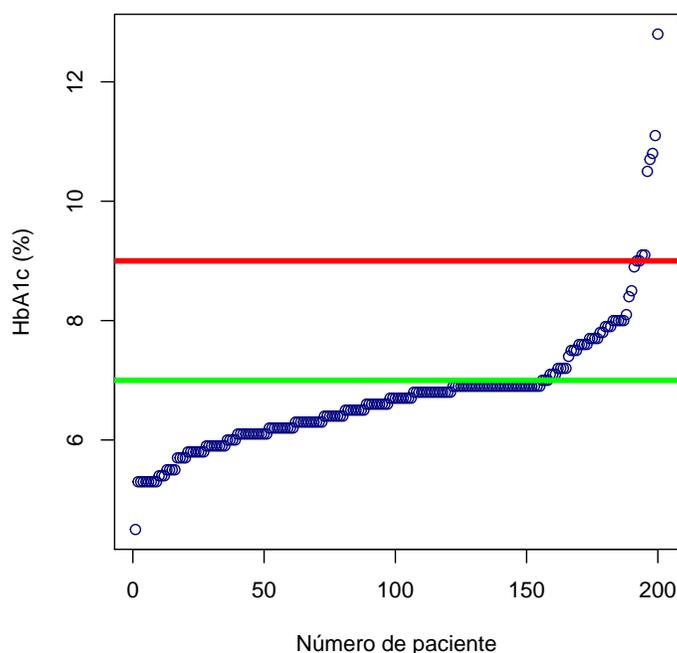


Figura 4.1: Hemoglobina glicosilada de los pacientes participantes.

En la Figura 4.1 se representan los valores obtenidos de la prueba HbA1c para los pacientes del módulo de atención especializada. También se muestran, de forma horizontal, los puntos de corte que definen los niveles de control de la enfermedad. Menos de 7% se considera un buen control, entre 7% y 9% se tiene un control regular y valores mayores al 9% representan un mal control de la enfermedad. Una gran cantidad de pacientes se encuentran debajo del primer punto de corte pero también se encuentran muy cerca de pasar al siguiente nivel, de control regular. Aunque es menor la cantidad de pacientes en las categorías de regular y malo, los valores de la prueba crecen rápidamente indicando valores característicos de pacientes descontrolados.

Muchos de los pacientes referidos han logrado alcanzar un buen control pero aún hay pacientes que presentan niveles muy altos de glucosa en sangre. Al comparar las acciones que componen el estilo de vida de estos pacientes seguramente se podrán identificar áreas de oportunidad para modificar acciones que beneficien la salud de los pacientes del módulo y de pacientes futuros que necesiten alcanzar el control adecuado de la enfermedad.

Para facilitar la interpretación de los valores de la prueba HbA1c así como para comunicarlos de manera más clara a los pacientes, la escala se encuentra categorizada en control bueno, regular y malo, con los puntos de corte 7% y 9% respectivamente, así también se facilita para los pacientes visualizar las metas a lograr. Con esta categorización de la variable respuesta, la población del módulo de atención se encuentra dividida en 155 pacientes con un control bueno, 36 con un control regular y 9 con un mal control, Figura 4.2.

Así, el objetivo del modelo será identificar las áreas a modificar y de ser posible, las cantidades necesarias a modificar para que el paciente logre un cambio significativo en sus niveles de glucosa en sangre y así pueda lograr con mayor facilidad un buen control de la enfermedad.

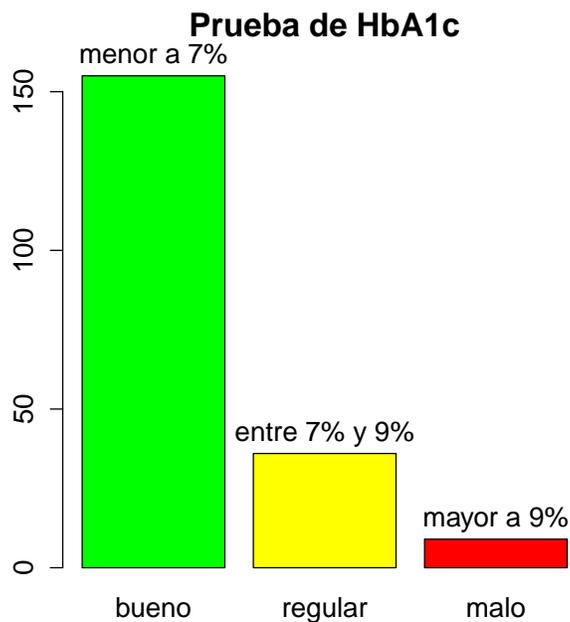


Figura 4.2: Frecuencia de pacientes en cada nivel de control de HbA1c.

### 4.3. Respuestas del cuestionario INMEVID

El INMEVID en su versión validada considera 25 preguntas que, para facilitar la visualización de la frecuencia de las respuestas, se pueden agrupar en seis patrones principales que explican el estilo de vida. En la Tabla 4.2 se encuentran las frecuencias de respuesta para cada pregunta del cuestionario, identificadas por los seis principales componentes: hábitos alimenticios, actividad física, consumo de tabaco y alcohol, información DM II, emociones y adherencia al tratamiento.

De forma general, los pacientes reportan mantener buenos hábitos alimenticios. El 86 % declara comer de forma balanceada y en porciones correctas, sin añadir azúcar o sal a los alimentos. Sin embargo, cerca del 30 % come alimentos entre comidas y fuera de casa. Considerando el ritmo de vida en las ciudades resulta fácil y cómodo consumir alimentos fuera de casa, por lo que es común que la mayoría lo haga de forma cotidiana.

Mantener una buena actividad física es muy importante en la prevención de complicaciones en el paciente diabético. El 60 % de los pacientes procuran hacer actividad física aunque con menor frecuencia que la recomendada. Del total de pacientes sólo 120 personas hacen actividad física una o dos veces por semana, el 65 % procura mantenerse ocupado con diferentes actividades, incluso con trabajos en casa.

El 64 % de los pacientes entrevistados no consumen bebidas alcohólicas ni acostumbra fumar, en el resto de los pacientes es mayor la frecuencia de fumar en un tiempo menor que la de consumir bebidas alcohólicas.

A pesar de contar con el apoyo de actividades organizadas por la clínica como pláticas, conferencias e información divulgada de forma impresa, los pacientes no han asistido a estas actividades y en su mayoría no reportan buscar de forma constante información sobre su padecimiento, sólo el 8 % ha asistido a más de 4 pláticas para personas con diabetes.

El patrón emocional reportó frecuencias interesantes para el análisis. Aunque declaran hacer su máximo esfuerzo para controlar su diabetes, el 98 % de la población se siente triste, enojada y con pensamientos pesimistas sobre el futuro la mayoría del tiempo.

Una parte básica para el buen resultado en el control del nivel de glucosa es seguir las indicaciones de los expertos del módulo de atención al paciente diabético. El 91.5 % de los pacientes reportan tomar sus medicamentos y seguir las instrucciones para su cuidado aunque sólo 60 % se apega a la dieta para diabéticos que se les recomienda, el otro 40 % trata de seguir la dieta algunas veces.

Bajo el supuesto de la respuesta honesta del paciente y con el total de la población entrevistada perteneciente al módulo, se registraron categorías de respuesta nula en varias preguntas, aunque el instrumento aplicado ha sido validado para el número de

Patrón	Pregunta	Categoría			
		1	2	3	Total
Hábitos alimenticios	1	167	33	0	200
	2	168	32	0	200
	3	151	47	2	200
	4	154	45	1	200
	5	194	6	0	200
	6	195	5	0	200
	7	48	152	0	200
	8	70	129	1	200
	9	179	20	1	200
Actividad física	10	60	120	20	200
	11	130	52	18	200
	12	9	158	33	200
Consumo de tabaco y alcohol	13	134	62	4	200
	14	134	58	8	200
	15	121	78	1	200
	16	121	73	6	200
Información DMII	17	16	74	110	200
	18	94	105	1	200
Emociones	19	1	138	61	200
	20	2	146	52	200
	21	6	153	41	200
	22	120	80	0	200
Adherencia tratamiento	23	137	61	2	200
	24	187	13	0	200
	25	179	21	0	200

Tabla 4.2: Frecuencia de los resultados del cuestionario INMEVID de los pacientes participantes.

preguntas y categorías se decidió colapsar algunas. Después de hacer la modificación y comparar el comportamiento de las variables explicativas, éstas tuvieron estadísticos mejores, resultando significativas y explicando mejor el control de nivel de glucosa. También resultó benéfico para algunas características del modelo. En el apéndice B se desarrolla un análisis descriptivo mucho más detallado de aquellas variables que contribuyen a explicar un cambio significativo en el control del nivel de glucosa en los pacientes diabéticos.

Un primer acercamiento al modelo de regresión ordinal es la tabla de contingencia generada por las respuestas de los pacientes encuestados, de manera cuantitativa provee supuestos sobre aquellas acciones que están repercutiendo en la salud. De acuerdo con la tabla de contingencia 4.3 generada los pacientes que han logrado un buen control de sus niveles de glucosa tienden a elegir las categorías que representan buenos hábitos asociados a un buen estilo de vida.

Es conveniente mencionar que los pacientes referidos al módulo siempre ingresan con un mal control de la enfermedad por lo que aquellos reportados en la categoría de buen control serán los pacientes que llevan varias citas de control y se apegaron al tratamiento asignado por el modulo, logrando disminuir los niveles de glucosa. Entonces, tiene sentido que los pacientes bien controlados tenga un buen estilo de vida asociado.

Para el conjunto de pacientes con un control regular y malo las respuestas esperadas son las categorías asociadas a un mal estilo de vida, sin embargo, la frecuencia en estas categorías es baja. Las razones de encontrar la respuesta de los pacientes con un pobre control de su glucosa en aquellas categorías asociadas a un buen estilo de vida pueden ser varias. Un primer supuesto es que se trata de pacientes con reciente adición al módulo de control y que se encuentran intentando cambiar hábitos para mejorar su salud. La segunda es que, a pesar de sus esfuerzos por controlar sus niveles, hay algún factor que está impidiendo que se logre el control. Un buen candidato es el patrón asociado a las emociones pues se encuentra una gran cantidad de pacientes que refieren sentirse tristes, preocupados y con pensamientos pesimistas.

En los últimos años, los expertos en salud han dejado de ver las enfermedades como proceso físico aislado e independiente del estado emocional de los pacientes, encontrando fuerte asociación entre el estado emocional del paciente y la respuesta física a los tratamientos. Especialmente, el estado de depresión, anhedonia y ansiedad son un factor común en los pacientes diabéticos, donde se encuentra una fuerte asociación con aquellos pacientes diagnosticados con diabetes tipo II y los síntomas de anhedonia [11].

La anhedonia es la pérdida de interés o satisfacción en casi todas las actividades, la falta de reacción a los estímulos habitualmente placenteros. Estos síntomas son compatibles con las preguntas que integran el factor emocional por lo que seguramente éste tendrá un valor significativo en el modelo y explicaría por qué los cambios en los hábitos alimenticios y físicos son necesarios pero no son suficientes.

Patrón	Pregunta	Frecuencia	Control de glucosa en sangre			
			Bueno	Regular	Malo	Total
Hábitos alimenticios	P1	Algunos días	9	15	9	200
		Todos los días	146	21		
	P2	Algunos días	9	14	9	200
		Todos los días	146	22		
	P3	0 a 1	138	13		200
		2 o más	17	23	9	
	P4	0 a 3	138	16		200
		4 o más	17	20	9	
	P5	Algunas veces	1	1	4	200
Casi nunca		154	35	5		
P6	Algunas veces	1	1	3	200	
	Casi nunca	154	35	6		
P7	Algunas veces	116	27	9	200	
	Casi nunca	39	9			
P8	Algunas veces	101	21	8	200	
	Casi nunca	54	15	1		
P9	Algunas veces	8	7	6	200	
	Casi nunca	147	29	3		
Actividad física	P10	1 a 2 veces por semana	97	22	1	200
		3 o más veces por semana	56	4		
		Casi nunca	2	10	8	
	P11	Algunas veces	40	10	2	200
		Casi nunca	3	9	6	
		Casi siempre	112	17	1	
P12	Salir de casa	8	1		200	
	Trabajos en casa	132	23	3		
	Ver televisión	15	12	6		
Consumo de tabaco y alcohol	P13	Algunas veces	43	17	2	200
		Fumo a diario	2		2	
		No fumo	110	19	5	
	P14	1 a 5	41	15	2	200
		6 o más	4	2	2	
		Ninguno	110	19	5	
P15	Algunas veces	55	17	7	200	
	Nunca	100	19	2		
	Ninguna	100	19	2		
P16	1 a 2	52	16	5	200	
	3 o más	3	1	2		
	Ninguna	100	19	2		
Información DMII	P17	1 a 3	65	8	1	200
		4 o más	15	1		
		Ninguna	75	27	8	
P18	Algunas veces	70	27	9	200	
	Casi siempre	85	9			
Emociones	P19	Algunas veces	119	20		200
		Casi siempre	36	16	9	
	P20	Algunas veces	128	20		200
		Casi siempre	27	16	9	
P21	Algunas veces	132	24	3	200	
	Casi siempre	23	12	6		
P22	Algunas veces	45	26	9	200	
	Casi siempre	110	10			
Adherencia tratamiento	P23	Algunas veces	28	26	9	200
		Casi siempre	127	10		
	P24	Algunas veces	9	2	2	200
		Casi nunca	146	34	7	
	P25	Algunas veces	4	9	8	200
Casi siempre		151	27	1		

Tabla 4.3: Tabla de contingencia. Respuesta por categoría del INMEVID asociadas al control de nivel de glucosa.

# Capítulo 5

## Modelo de regresión logística ordinal

La vida cotidiana se compone de una constante toma de decisiones, en el caso de los pacientes diabéticos las decisiones más simples impactan en el control de su enfermedad, así, mientras más sencilla sea la elección más fácil será la comprensión de los resultados.

El problema de interés es conocer el nivel de control del nivel de glucosa en sangre e identificar las acciones cotidianas que lo afectan. La información se obtuvo directamente de los pacientes y el objetivo es dar a conocer los resultados a futuros pacientes diabéticos. Es por esto que expresar la variable respuesta en categorías ordinales facilitará a los pacientes comprender los resultados, así como identificar las acciones a modificar para lograr el control de la enfermedad. Entonces, para estos objetivos el modelo de regresión logística ordinal fue seleccionado. Para entender la construcción del modelo utilizado es necesario mostrar algunos conceptos y definiciones preliminares.

### 5.1. Conceptos preliminares

Cuando se tiene información de variables categóricas, ya sean nominales u ordinales, resulta inapropiado considerar solamente una prueba de significancia para determinar la fuerza de asociación. En ocasiones, la variación en el tamaño de muestra puede causar que una pequeña diferencia entre las proporciones cambie de no ser significativa a considerarse estadísticamente significativa cuando no necesariamente lo sea. Es por esto que otras medidas son utilizadas para analizar la fuerza de asociación, como el riesgo relativo, los momios y el cociente de momios.

### 5.1.1. Riesgo relativo (RR)

Se denomina riesgo a la probabilidad que tiene un individuo de presentar un determinado evento, puede tratarse de una enfermedad como padecer cáncer o una condición como ser fumador, inclusive puede referirse a la curación de cierta enfermedad con un tratamiento específico [12]. Entonces, de acuerdo con la definición clásica de probabilidad, se tiene que:

$$Riesgo = \frac{NE}{P} \quad (5.1)$$

Donde  $NE$  es el número de individuos que presentaron el evento y  $P$  es el total de individuos de la población susceptible.

Generalmente no basta con determinar el riesgo de incidencia del individuo, se necesita saber qué pasaría si este individuo es expuesto a ciertas condiciones como un tratamiento farmacológico, actividades físicas intensas, algún tipo de terapia o simplemente una caracterización, por ejemplo, ser hombre o mujer. Entonces, estos individuos se comparan con otros individuos que no sean expuestos a esas condiciones que se denominan factores de exposición o riesgo.

Así el riesgo relativo o razón del riesgo, se calcula mediante la comparación entre la incidencia de personas expuestas y la incidencia en personas no expuestas a factores de riesgo, es decir, es el cociente entre el *riesgo* en el grupo de individuos con el factor de exposición y el *riesgo* en el grupo de individuos que no tiene el factor de exposición, también llamado grupo de referencia.

Entonces, el *riesgo* se puede reescribir con las siguientes consideraciones [13]:

a: es el número de individuos enfermos expuestos al factor de riesgo.

b: es el número de individuos no enfermos expuestos al factor de riesgo.

c: es el número de individuos enfermos y que no fueron expuestos al factor de riesgo.

d: es el número de individuos no enfermos y que no fueron expuestos al factor de riesgo.

$$P_1 = \frac{a}{a+b} \quad P_2 = \frac{c}{c+d}$$

$$Q_1 = \frac{b}{a+b} \quad Q_2 = \frac{d}{c+d}$$

$P_1$ : es la probabilidad de presentar la enfermedad al ser expuesto al factor de riesgo (*Riesgo* de que ocurra el evento en los individuos expuestos o proporción en la que ocurre).

$Q_1$ : es la probabilidad de no presentar la enfermedad aunque sea expuesto al factor de riesgo (*Riesgo* de que no ocurra el evento en los individuos expuestos).

$P_2$ : es la probabilidad de presentar la enfermedad en ausencia del factor de riesgo (*Riesgo* de que ocurra el evento en los individuos no expuestos).

$Q_2$ : es la probabilidad de no presentar la enfermedad en ausencia del factor de riesgo (*Riesgo* de que no ocurra el evento en los individuos no expuestos o proporción en que no ocurre).

Así, el cociente de riesgos o riesgo relativo (RR) se define como:

$$RR = \frac{\pi_1}{\pi_2}$$

Se define  $\pi_i$  como la probabilidad de presentar la enfermedad para  $i = 1, 2$ , donde 1 y 2 representan los grupos expuestos y no expuestos al riesgo, respectivamente. Cuyo estimador es:

$$\begin{aligned} \widehat{RR} &= \frac{\hat{\pi}_1}{\hat{\pi}_2} \\ &= \frac{P_1}{P_2} \\ &= \frac{\frac{a}{a+b}}{\frac{c}{c+d}} \\ &= \frac{a(c+d)}{c(a+b)} \end{aligned}$$

Este estimador tiene las siguientes características:

- $0 < RR < \infty$
- $RR \approx 1$  Indica que la asociación entre la exposición y la ocurrencia del evento es probable que no exista, es decir, las variables no están correlacionadas.
- $RR > 1$  Indica asociación positiva, el riesgo se incrementa entre aquellos sujetos expuestos.
- $RR < 1$  Indica asociación negativa, el riesgo decrece entre aquellos sujetos expuestos.

Interpretar el Riesgo Relativo es importante, por ejemplo un Riesgo Relativo de 1.337, se interpreta como *el riesgo de ocurrencia del evento es 33.7% más grande en los individuos expuestos que en los no expuestos*.

### 5.1.2. Momios (*Odds*)

Un momio se define como la comparación de la probabilidad de presentar el evento y la probabilidad de no presentarlo, entre individuos con la misma característica. Si el evento ocurre con probabilidad  $\pi$ , entonces el *momio a favor de este evento* es:

$$O = \frac{\pi}{1 - \pi}$$

Supongamos, por ejemplo, que la probabilidad de ocurrencia del evento es  $\frac{2}{3}$ , entonces el momio es:

$$O = \frac{2/3}{1/3} = 2$$

Este valor se interpreta como el doble de posibilidades de que ocurra el evento a que no ocurra.

De la misma manera que con el riesgo relativo, es de interés conocer la probabilidad de ocurrencia de un evento dadas circunstancias específicas ya sea que exista exposición a un factor de riesgo o se cuente con una característica particular. Para estimar estas probabilidades es necesario traducirlas utilizando notación de la probabilidad condicional, donde  $Y = 1$  es la probabilidad de observar la ocurrencia del evento,  $Y = 2$  la probabilidad de no observarla, con la característica 1 ó 2, denotadas por  $X = 1$  y  $X = 2$ . Así, los momios son:

$$\Omega_1 = \frac{\mathbb{P}[Y = 1 | X = 1]}{\mathbb{P}[Y = 2 | X = 1]} = \frac{\pi_1}{1 - \pi_1} \quad \Omega_2 = \frac{\mathbb{P}[Y = 1 | X = 2]}{\mathbb{P}[Y = 2 | X = 2]} = \frac{\pi_2}{1 - \pi_2}$$

Los momios tienen las siguientes características:

- $\Omega_i > 0$
- Si  $\Omega_1 = \Omega_2$  Indica que las variables son independientes.
- Si  $\Omega_1 \uparrow$ , entonces,  $\mathbb{P}[Y = 1 | X = 1] > \mathbb{P}[Y = 2 | X = 1]$  lo que indica que existe una asociación positiva con la característica  $X = 1$ .
- Si  $\Omega_2 \uparrow$ , entonces,  $\mathbb{P}[Y = 1 | X = 2] > \mathbb{P}[Y = 2 | X = 2]$  esto indica que existe una asociación positiva con la característica  $X = 2$ .

Los momios pueden estimarse como:

$$\Omega_1 = \frac{P_1}{Q_1} = \frac{\frac{a}{a+b}}{\frac{b}{a+b}} = \frac{a}{b}$$

$$\Omega_2 = \frac{P_2}{Q_2} = \frac{\frac{c}{c+d}}{\frac{d}{c+d}} = \frac{c}{d}$$

Para interpretar los momios debe hacerse de forma independiente para cada uno. Supongamos, por ejemplo, que se tienen los siguientes valores,  $\Omega_1 = 0.294$  y  $\Omega_2 = 0.205$ , se trata de valores pequeños que de forma independiente pueden ser malinterpretados, por ello se recomienda compararlos con sus recíprocos, teniendo así,  $\frac{1}{\Omega_1} = 3.4$  y  $\frac{1}{\Omega_2} = 4.87$ . En ocasiones, obtener los recíprocos puede facilitar la interpretación como en este caso donde se interpreta que existe una asociación mayor con la probabilidad de no presentar el evento, que con la de presentarlo, ya sea que se cuente con la característica 1 o con la característica 2, la cual puede ser tan diversa como estar expuesto a un factor de riesgo o pertenecer a un grupo socioeconómico distinto.

### 5.1.3. Cociente de momios (OR)

El cociente de momios, también denominado *Odds Ratio*, es una de las medidas de asociación de mayor uso. Se define como el cociente de presentar el evento en la población con característica 1 y presentarlo en la población con la característica 2, entonces se tiene que:

$$OR = \frac{\Omega_1}{\Omega_2}$$

El estimador del cociente de momios está dado por:

$$\begin{aligned} \widehat{OR} &= \frac{\hat{\Omega}_1}{\hat{\Omega}_2} \\ &= \frac{a/b}{c/d} \\ &= \frac{ad}{bc} \end{aligned}$$

Interpretar el cociente de momios (OR) no es sencillo, es de especial importancia no realizar una elección inapropiada de palabras. El OR es un cociente de momios, lo que no da como resultado una probabilidad por lo que debe evitarse la interpretación en probabilidades y en porcentajes. Supongamos, por ejemplo, un OR con valor de 1.436 el cual se interpreta como: el momio de presentar el evento en el grupo de individuos con la característica 1 es 1.436 veces mayor que el momio de de presentar el mismo evento pero en el grupo de individuos con la característica 2.

Además, este estimador cuenta con las siguientes características:

- Independencia: Cuando  $\pi_1 = \pi_2$ , entonces

$$\Omega_1 = \Omega_2 \Rightarrow OR = \frac{\Omega_1}{\Omega_2} = 1$$

Indica que estar expuesto al factor o contar con las características diferenciadas no tienen asociación con la ocurrencia del evento.

- Dependencia: Cuando  $\pi_1 > \pi_2$ , entonces

$$\Omega_1 > \Omega_2 \Rightarrow 1 < OR < \infty$$

Cuando el valor del OR es mayor que 1 indica que el momio de presentar el evento es mayor en la población con la característica 1 comparado con el momio de presentar el evento en la población con la otra característica.

- Dependencia: Cuando  $\pi_1 < \pi_2$ , entonces

$$\Omega_1 < \Omega_2 \Rightarrow 0 < OR < 1$$

Cuando se obtiene un valor menor que uno para OR, éste indica que el momio de presentar el evento es mayor en la población con la característica 2 comparado con el momio de presentar el evento en la población con la primera característica.

#### 5.1.4. Regresión logística

Una de las principales áreas de interés en el ámbito estadístico siempre ha sido lograr modelar la relación entre un fenómeno y un conjunto de posibles causas. Los modelos logísticos han permitido modelar estas relaciones, donde se quiere estimar la probabilidad  $\pi$  de una variable respuesta a través de sus posibles variables explicativas o independientes, especialmente cuando la variable respuesta no es numérica sino que corresponde a una categoría la cual puede ser dicotómica o politómica.

A diferencia del modelo de regresión lineal, la variable respuesta puede presentarse de distintas formas. Por ejemplo, puede tratarse de una respuesta dicotómica como la presencia o ausencia de una enfermedad. En el caso de una variable de respuesta politómica las categorías pueden ser tan variadas como el fenómeno a estudiar lo requiera, por ejemplo, una escala de popularidad de cierto producto para fines de mercadotecnia donde la variable respuesta puede tener los valores *me gusta mucho*, *me gusta*, *me disgusta* o *no me interesa*. En este caso, resulta complicado establecer una distancia entre cada una de las categorías, más aún, si las categorías no tienen un ordenamiento. Por ello, se busca estimar la probabilidad de que la variable respuesta presente una categoría específica.

Con estas consideraciones el modelo de regresión lineal podría tener problemas para cumplir con los requerimientos, generando una modelación incorrecta [14]. Al buscar una probabilidad, se espera que la variable respuesta tome valores entre cero y uno pero utilizar una regresión lineal podría generar valores fuera del intervalo. Para ello, utilizar la función logística permite analizar este tipo de fenómenos de forma más adecuada:

$$f(x) = \frac{\exp(x)}{1 + \exp(x)} \quad , \quad x \in \mathbb{R}$$

Así, el modelo de regresión asociado, para una variable explicativa ( $x$ ), es el modelo de regresión logística:

$$\pi(x) = \mathbb{P}(Y = 1 \mid x) = \frac{\exp(\beta_0 + \beta_1 x)}{1 + \exp(\beta_0 + \beta_1 x)}$$

Este modelo de regresión logística aún presenta complicaciones en su interpretación al tratarse de un modelo no lineal, por lo que, haciendo uso de los momios correspondientes se llega a la siguiente composición:

$$\frac{\pi(x)}{1 - \pi(x)} = \frac{\mathbb{P}(Y = 1 | x)}{1 - \mathbb{P}(Y = 1 | x)} = \frac{\frac{\exp(\beta_0 + \beta_1 x)}{1 + \exp(\beta_0 + \beta_1 x)}}{1 - \frac{\exp(\beta_0 + \beta_1 x)}{1 + \exp(\beta_0 + \beta_1 x)}} = \exp(\beta_0 + \beta_1 x)$$

Aplicando logaritmos a la igualdad obtenemos:

$$\text{logit}(\pi(x)) = \log\left(\frac{\pi(x)}{1 - \pi(x)}\right) = \beta_0 + \beta_1 x$$

Así, se obtiene un modelo de lineal generalizado para el logaritmo del momio de la respuesta, este modelo recibe el nombre de Logit. La forma generalizada, para más de una variable independiente está dado por:

$$\text{logit}(\pi(\mathbf{X})) = \log\left(\frac{\pi(\mathbf{X})}{1 - \pi(\mathbf{X})}\right) = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \dots + \beta_p x_p$$

Donde  $\mathbf{X}$  es el vector de dimensión  $p + 1$  de variables independientes.

## 5.2. Construcción del modelo de regresión logística ordinal

El modelo de regresión logística ordinal es un caso especial del modelo logit, en el que el fenómeno de interés está asociado a una variable cuyas respuestas son de tipo categóricas y tienen un orden jerárquico.

Se denota como  $Y$  la variable respuesta politómica ordinal y  $J$  al número de categorías que esta variable puede tomar, considerando que  $1 < 2 < \dots < J$ , donde  $<$  denota un orden. Las probabilidades de las distintas respuestas son denotadas por  $\{\pi_1, \pi_2, \dots, \pi_J\}$  las cuales satisfacen que  $\sum_{j=1}^J \pi_j = 1$ .

Dadas  $n$  observaciones, se representa como  $\pi_{ij}$  a la probabilidad de que el individuo  $i$  presente la respuesta  $j$ , donde  $i = \{1, 2, \dots, n\}$ ,  $j = \{1, 2, \dots, J\}$ . El objetivo es modelar  $\pi_{ij}(\mathbf{x}_i)$  dadas las covariables  $\mathbf{x}_i$ , donde  $\mathbf{x}_i$  es el vector de dimensión  $p + 1$  que incluye los valores de las variables explicativas para el individuo  $i$ ,  $x_{ik}$ ,  $i = 1, \dots, n$ ;  $k = 1, \dots, p + 1$ .

Generalmente, la variable aleatoria ordinal  $Y$  surge de la decisión de discretizar una variable continua. Supongamos que existe una variable no observada o latente  $y^*$ , de tal forma que la respuesta ordinal  $y$  es una categorización de esta variable latente.

Entonces, el modelo de regresión para esta variable subyacente continua ( $y^*$ ) tiene la forma

$$\begin{aligned} y_i^* &= \mathbf{x}_i \boldsymbol{\beta} + \epsilon_i \\ &= \eta_i + \epsilon_i \end{aligned}$$

Donde,  $i = \{1, 2, \dots, n\}$ . Entonces, observamos la respuesta  $y$  definida como:

$$y_i = \begin{cases} 1 & \text{si } \gamma_0 < y_i^* \leq \gamma_1 \\ 2 & \text{si } \gamma_1 < y_i^* \leq \gamma_2 \\ 3 & \text{si } \gamma_2 < y_i^* \leq \gamma_3 \\ \vdots & \\ J & \text{si } \gamma_{J-1} < y_i^* \leq \gamma_J \end{cases}$$

Con  $\gamma_0 = -\infty$  y  $\gamma_J = \infty$ . Los puntos de corte o *thresholds* son denotados por  $\gamma_i$ . Así, la variable ordinal observada  $y$  adquiere los valores  $1, 2, 3, \dots, J$ . Entonces, se tiene que:

$$\begin{aligned} \mathbb{P}[y_i = j] &= \mathbb{P}[\gamma_{j-1} < y_i^* \leq \gamma_j] \\ &= \mathbb{P}[\gamma_{j-1} < \eta_i + \epsilon_i \leq \gamma_j] \\ &= \mathbb{P}[\eta_i + \epsilon_i \leq \gamma_j] - \mathbb{P}[\eta_i + \epsilon_i \leq \gamma_{j-1}] \\ &= \mathbb{P}[\epsilon_i \leq \gamma_j - \eta_i] - \mathbb{P}[\epsilon_i \leq \gamma_{j-1} - \eta_i] \\ &= F(\gamma_j - \eta_i) - F(\gamma_{j-1} - \eta_i) \end{aligned}$$

Donde  $F$  es la función de distribución acumulada de  $\epsilon_i$ , entonces, la forma de modelar las respuestas dependerá de la elección de la función de distribución acumulada  $F$ . Especialmente, el modelo de momios proporcionales es el más común para este tipo de datos, el cual supone que la función de distribución acumulada  $F$  es una distribución Logística.

### 5.3. El modelo de momios proporcionales

Este modelo se caracteriza por ser el Logit entre las probabilidades de respuesta acumuladas:

$$\begin{aligned} \text{logit}(Y \leq j | \mathbf{X}) &= \log \left( \frac{\mathbb{P}(Y \leq j | \mathbf{X})}{\mathbb{P}(Y > j | \mathbf{X})} \right) \\ &= \log \left( \frac{F(Y = j | \mathbf{X})}{1 - F(Y = j | \mathbf{X})} \right) \\ &= \log \left( \frac{\pi_1 + \dots + \pi_j | \mathbf{X}}{\pi_{j+1} + \dots + \pi_J | \mathbf{X}} \right) \end{aligned}$$

El modelo de regresión logística ordinal es similar al modelo logístico binario, donde las primeras  $j$  categorías,  $\{1, \dots, j\}$ , se combinan para formar una sola categoría y las categorías  $\{j + 1, \dots, J\}$  forman una segunda categoría. Entonces, el modelo de regresión logística ordinal puede expresarse como:

$$\text{logit}(Y \leq j \mid \mathbf{X}) = \alpha_j - \mathbf{X}'\boldsymbol{\beta}$$

Donde  $\alpha_j$  y  $\boldsymbol{\beta}$  son los parámetros a estimar,  $\alpha_j$  es el intercepto y  $\boldsymbol{\beta}$  el vector de parámetros de regresión para cada una de las  $p$  variables independientes. Ahora, sustituyendo en la función logística, las probabilidades se expresan como:

$$\mathbb{P}(Y \leq j) = \frac{\exp(\alpha_j - \mathbf{X}'\boldsymbol{\beta})}{1 + \exp(\alpha_j - \mathbf{X}'\boldsymbol{\beta})}$$

Este modelo también se conoce como acumulativo o *cumulative logit model* porque, dada su construcción, compara la probabilidad acumulada de que la respuesta  $y$  se encuentre en la categoría  $j$  o una categoría inferior contra la probabilidad de encontrarla en una categoría superior. Cuando es necesario conocer la probabilidad de solamente una respuesta se puede calcular mediante la siguiente diferencia:

$$\begin{aligned} \mathbb{P}(Y = j) &= \mathbb{P}(Y \leq j) - \mathbb{P}(Y \leq j - 1) \\ \text{Donde } j = 2, 3, \dots, J, \quad \text{con } \mathbb{P}(Y = 1) &= \mathbb{P}(Y \leq 1) \end{aligned}$$

Así, cuando se expresan las covariables, el modelo toma la siguiente forma para cada una de las categorías:

$$\begin{aligned} \text{logit}(Y \leq 1) &= \alpha_1 - \beta_1 \mathbf{X}_1 - \dots - \beta_p \mathbf{X}_p \\ \text{logit}(Y \leq 2) &= \alpha_2 - \beta_1 \mathbf{X}_1 - \dots - \beta_p \mathbf{X}_p \\ &\vdots \\ \text{logit}(Y \leq J - 1) &= \alpha_{J-1} - \beta_1 \mathbf{X}_1 - \dots - \beta_p \mathbf{X}_p \end{aligned}$$

Sin pérdida de generalidad, consideremos el modelo con un solo regresor o variable dependiente, que tiene las siguientes características, mismas por las que recibe el nombre de momios proporcionales.

$$\text{logit}(Y \leq j) = \log\left(\frac{\mathbb{P}(Y \leq j)}{\mathbb{P}(Y > j)}\right) = \alpha_j - \beta x$$

La primera parte del modelo, correspondiente al parámetro  $\alpha_j$ , es la única parte que depende de una categoría específica. Así, cada Logit cuenta con su propio intercepto que cambia dependiendo de la elección de categorías para comparar. La segunda parte del modelo está compuesta por  $-\beta x$ , donde  $x$  representa la característica del individuo en la variable explicativa y el parámetro de regresión  $\beta$ , destacando que sólo se tiene un  $\beta$  para las  $J - 1$  comparaciones que se hacen entre los logits de las probabilidades acumuladas. En el caso del modelo con más de una variable explicativa,  $\mathbf{X}$  y  $\boldsymbol{\beta}$  serán el vector de variables explicativas y el conjunto de parámetros de regresión, respectivamente.

La característica fundamental de este modelo se encuentra en la parte correspondiente al parámetro de regresión, la segunda parte del modelo es independiente de la categoría  $j$ , lo que significa que  $\beta$  tiene el mismo efecto en cada uno de los  $J - 1$  Logits. Entonces, si consideramos la primera parte del modelo como una transformación de la respuesta se obtienen  $J - 1$  rectas con pendiente  $\beta$  y ordenada al origen (intercepto)  $\alpha_j$ . Esta característica es conocida como el supuesto de momios proporcionales.

Si se tuvieran tantos parámetros de regresión  $\beta$ 's como comparaciones, entonces el supuesto de momios proporcionales implicaría que  $\beta_1 = \beta_2 = \dots = \beta_{J-1} = \beta$  y al generalizar el modelo para más de una variable explicativa se debe corroborar que el supuesto se cumpla para cada una de las variables independientes en el modelo. En la Figura 5.1 se observa gráficamente el comportamiento de las funciones de distribución con el supuesto de momios proporcionales [14].

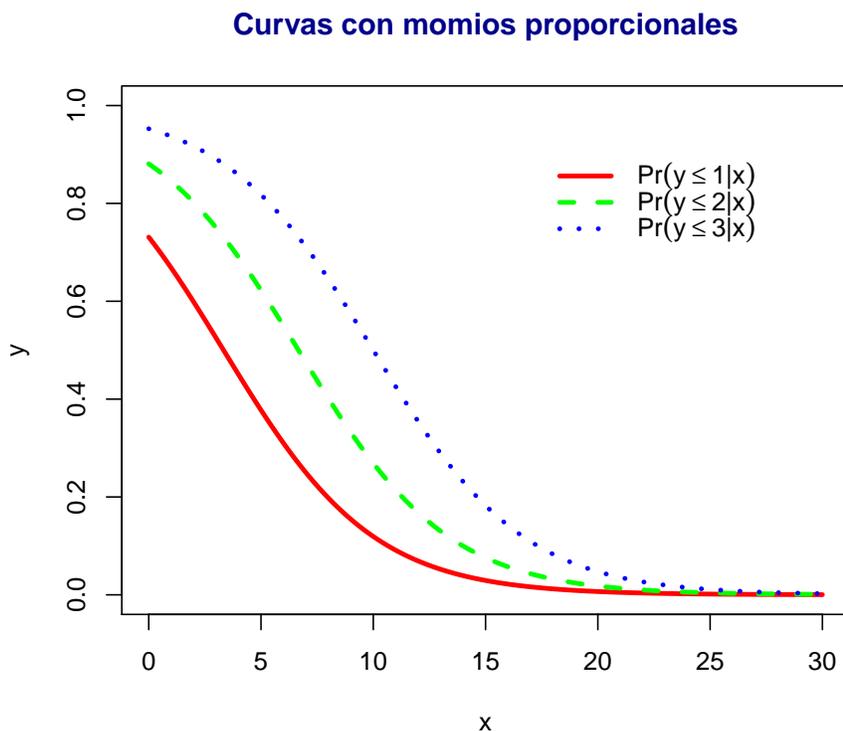


Figura 5.1: Representación de un modelo de momios proporcionales con cuatro categorías de respuesta.

Algunos artículos declaran el modelo acumulativo con una diferencia en el signo de la segunda parte del modelo, utilizando una suma en lugar de una diferencia. Una razón importante para conservar el modelo como una diferencia es la naturaleza de la variable respuesta y el orden que tienen sus categorías. Con el signo negativo se tiene que, mientras más altos sean los valores que presentan las variables explicativas, la probabilidad de presentar la  $j$ -ésima categoría será mayor [15].

## 5.4. Inferencia sobre el modelo

### 5.4.1. Estimación

Los modelos acumulativos se estiman mediante la log-verosimilitud. Cualquiera que sea la elección de la función de distribución acumulada  $F$ , la estimación será:

$$\begin{aligned}\ell(\boldsymbol{\beta}, \boldsymbol{\alpha}, \mathbf{Y}) &= \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^J y_{ij} \log(\mathbb{P}(y_i = j)) \mathbf{I}_{\{y_i=j\}} \\ &= \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^J y_{ij} \log(\mathbf{F}(\alpha_j - x_i \boldsymbol{\beta}) - \mathbf{F}(\alpha_{j-1} - x_i \boldsymbol{\beta})) \mathbf{I}_{\{y_i=j\}}\end{aligned}$$

Donde  $\mathbf{Y}$  es el vector de variables respuestas de dimensión el tamaño de la muestra. La probabilidad de ocurrencia de la respuesta  $j$  está dada por la diferencia de su función de distribución acumulada, evaluada en los límites inferior y superior. Así la suma sobre la función indicadora, dará como resultado el total de respuestas de un tipo. Luego, derivando respecto a los parámetros involucrados  $(\boldsymbol{\beta}, \boldsymbol{\alpha})$  y resolviendo las ecuaciones se tiene:

$$\begin{aligned}\frac{\partial \ell(\boldsymbol{\beta}, \boldsymbol{\alpha}, \mathbf{Y})}{\partial \beta_k} &= \sum_{i=1}^N x_{ik} \sum_{j=1}^J y_{ij} \frac{f(\alpha_j - x_i \boldsymbol{\beta}) - f(\alpha_{j-1} - x_i \boldsymbol{\beta})}{\mathbf{F}(\alpha_j - x_i \boldsymbol{\beta}) - \mathbf{F}(\alpha_{j-1} - x_i \boldsymbol{\beta})} \mathbf{I}_{\{y_i=j\}} \\ &\quad y \\ \frac{\partial \ell(\boldsymbol{\beta}, \boldsymbol{\alpha}, \mathbf{Y})}{\partial \alpha_k} &= \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^J y_{ij} \frac{f(\alpha_j - x_i \boldsymbol{\beta})}{\mathbf{F}(\alpha_j - x_i \boldsymbol{\beta}) - \mathbf{F}(\alpha_{j-1} - x_i \boldsymbol{\beta})} \mathbf{I}_{\{y_i=k\}} \\ &\quad - y_{ij} \frac{f(\alpha_j - x_i \boldsymbol{\beta})}{\mathbf{F}(\alpha_{j+1} - x_i \boldsymbol{\beta}) - \mathbf{F}(\alpha_j - x_i \boldsymbol{\beta})} \mathbf{I}_{\{y_i=k+1\}}\end{aligned}$$

Los estimadores máximo verosímiles se obtienen mediante la solución de las ecuaciones anteriores, igualando a cero y resolviendo para  $\beta_k$  y  $\alpha_k$ ,  $k = 1, 2, \dots, J$ . La solución de las ecuaciones de log-verosimilitud se realiza mediante la aplicación de *Fisher scoring* o por el método de Newton-Raphson, ver [16].

### 5.4.2. Interpretación

Para el caso más simple, cuando el evento de interés se explica mediante una la variable independiente dicotómica, los Logits que se obtienen son:

$$\begin{aligned}\log\left(\frac{\mathbb{P}(Y \leq j \mid x = 1)}{\mathbb{P}(Y > j \mid x = 1)}\right) &= \alpha_j - \beta \cdot 1 = \alpha_j - \beta \\ \log\left(\frac{\mathbb{P}(Y \leq j \mid x = 0)}{\mathbb{P}(Y > j \mid x = 0)}\right) &= \alpha_j - \beta \cdot 0 = \alpha_j\end{aligned}$$

por lo tanto,

$$\log \left( \frac{\frac{\mathbb{P}(Y \leq j | x = 1)}{\mathbb{P}(Y > j | x = 1)}}{\frac{\mathbb{P}(Y \leq j | x = 0)}{\mathbb{P}(Y > j | x = 0)}} \right) = \alpha_j - \beta - (\alpha_j) = -\beta$$

Entonces,  $\exp(-\beta)$  se interpreta como el incremento en el momio de presentar una respuesta menor o igual a  $j$  respecto a una mayor que  $j$ , entre un individuo con la característica “1” y otro individuo con la característica “0”. Cuando esta cantidad se estima, la interpretación será el cambio promedio o cambio esperado. Cuando la variable explicativa sea de tipo continua, se interpreta como el cambio que se obtiene en la respuesta por unidad de cambio en esta variable.

Luego, cuando se trata un modelo múltiple y la variable explicativa es politómica, la interpretación de una variable será el cambio obtenido respecto a la categoría basal, manteniendo constantes el resto de las covariables. Lo cual significa que sólo es de interés interpretar el cambio que sufre la variable respuesta como consecuencia del cambio en una variable específica, como si se tratara de una derivada parcial. Esta interpretación debe realizarse para las comparaciones entre los diferentes momios generados por la distribución acumulada. Es importante notar que sigue siendo fundamental el hecho de que el efecto de la covariable es el mismo para cada comparación que se realice, es decir, que el supuesto de momios proporcionales debe ser verificado.

### 5.4.3. Bondad de ajuste

#### Devianza

Para medir la bondad de ajuste de los modelos acumulativos se utiliza la devianza que compara la verosimilitud del modelo propuesto contra la verosimilitud del modelo saturado dado que éste ajusta perfectamente a los datos. Para un modelo acumulativo con observaciones  $\mathbf{y} = (y_1, \dots, y_n)$ , la función de verosimilitud del modelo saturado se denota como:

$$L(\mathbf{y}; \mathbf{y})$$

Por otra parte, la verosimilitud del modelo que se propone se encuentra expresada en términos de medias, donde  $\boldsymbol{\mu} = (\mu_1, \dots, \mu_n)$ . Entonces, la función de verosimilitud del modelo acumulativo propuesto se denota por:

$$L(\boldsymbol{\mu}; \mathbf{y})$$

Considerando todos los posibles modelos, la máxima verosimilitud se alcanza cuando se tiene el modelo saturado, el cual, con un parámetro para cada observación genera un ajuste perfecto. Cuando esto pasa se tiene que  $\hat{\boldsymbol{\mu}} = \mathbf{y}$ . Aunque un ajuste perfecto sea deseable, no resulta completamente útil, pues se estaría replicando la información obtenida. Un modelo más útil es aquel que, siguiendo el *principio de parsimonia*, logra

suavizar los datos y genera una estimación adecuada. Entonces, se busca un modelo donde  $\hat{\boldsymbol{\mu}}$  tenga un buen ajuste, cuya función de verosimilitud está dada por:

$$L(\hat{\boldsymbol{\mu}}; \mathbf{y})$$

Entonces, la devianza no escalada se define como:

$$\begin{aligned} \mathbf{D}^*(\mathbf{y}, \hat{\boldsymbol{\mu}}) &= -2 \log \left( \frac{L(\hat{\boldsymbol{\mu}}; \mathbf{y})}{L(\mathbf{y}; \mathbf{y})} \right) \\ &= -2 [\log (L(\hat{\boldsymbol{\mu}}; \mathbf{y})) - \log (L(\mathbf{y}; \mathbf{y}))] \end{aligned}$$

Que es el cociente de verosimilitudes entre el modelo saturado y el modelo propuesto. Además, es una medida de la discrepancia entre los valores observados y los predichos por el modelo. La devianza escalada se define como:

$$\mathbf{D}(\mathbf{y}, \hat{\boldsymbol{\mu}}) = \phi \mathbf{D}^*(\mathbf{y}, \hat{\boldsymbol{\mu}})$$

Donde  $\phi$  representa un parámetro de dispersión. Como  $L(\hat{\boldsymbol{\mu}}; \mathbf{y}) \leq L(\mathbf{y}; \mathbf{y})$ , entonces,  $\mathbf{D}(\mathbf{y}; \hat{\boldsymbol{\mu}}) \geq 0$ , por lo que, mientras mayor sea la devianza, más pobre será el ajuste [16].

Ahora bien, dado un fenómeno de interés, es común que se tengan varios modelos que supongan un buen ajuste de los datos con los que se cuentan. Para determinar cuál de estos modelos ajusta mejor, además del *principio de parsimonia* que sugiere elegir el modelo más simple, también se puede determinar mediante la comparación de las devianzas.

Para realizar la comparación de estos dos modelos mediante sus devianzas se deben tener modelos anidados, es decir, el modelo con menos parámetros es un submodelo del modelo que se compone de mayor número de parámetros. Así, todas las variables explicativas del modelo más pequeño están presentes en el modelo más grande, pero este modelo mayor tiene variables que no necesariamente se encuentran en el pequeño. Sea  $\mathbf{M}_1$  el modelo con  $p$  parámetros y  $\mathbf{M}_2$  el modelo con  $q$  parámetros, con  $p > q$ . Entonces la comparación se hace con la diferencia de devianzas:

$$\begin{aligned} \mathbf{D}(\mathbf{M}_1) - \mathbf{D}(\mathbf{M}_2) &= -2\ell(\mathbf{M}_s, \mathbf{M}_2) - (-2\ell(\mathbf{M}_s, \mathbf{M}_1)) \\ &= -2\ell(\mathbf{M}_2, \mathbf{M}_1) \end{aligned}$$

Donde  $\mathbf{M}_s$  es la verosimilitud del modelo saturado y  $\ell(\mathbf{M}_s, \mathbf{M}_1)$  denota la diferencia en log-verosimilitud entre el modelo saturado  $\mathbf{M}_s$  y el modelo  $\mathbf{M}_1$ . La distribución asintótica de esta diferencia de devianzas es:

$$\mathbf{D}(\mathbf{M}_1) - \mathbf{D}(\mathbf{M}_2) \sim \chi_{(p-q)}^2$$

Donde los grados de libertad están dados por la diferencia del número de parámetros del modelo  $\mathbf{M}_1$  y del modelo anidado  $\mathbf{M}_2$ , es decir,  $p - q$ . Con esta distribución es posible juzgar si el modelo más parsimonioso ajusta tan bien como el modelo con más términos o si es mejor elección conservar el de mayor número de parámetros.

### La $\chi^2$ de Pearson

Para esta prueba se utilizan patrones de covariables los cuales se definen como un grupo de individuos en el cual todos los integrantes poseen los mismos valores en sus covariables, aunque pueden no ser iguales en sus respuestas. El número de patrones distintos, constituye el total de patrones de covariables dentro del modelo.

Entonces, la prueba  $\chi^2$  de Pearson compara, en cada patrón de covariables, los valores ajustados por el modelo contra los valores observados:

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^m \frac{(y_i - n_i \hat{\pi}_i)^2}{n_i \hat{\pi}_i (1 - \hat{\pi}_i)} \stackrel{a}{\sim} \chi_{(n-k)}^2$$

Donde  $y_i$  es el número de respuestas positivas (de la categoría  $j$ ) en el  $k$ -ésimo patrón de covariables,  $n_i$  es el número de sujetos en este patrón, y  $\hat{\pi}_i$  es la probabilidad estimada de respuesta positiva en este patrón. Con  $m$  el número total de patrones de covariables distintos que conforman el modelo.

# Capítulo 6

## Aplicación del modelo

Para la aplicación del modelo de regresión logística ordinal, se utilizó el programa estadístico R. Se contó con la información obtenida de la participación de los pacientes que acuden con regularidad al módulo de atención al paciente diabético de la clínica Dr. Ignacio Chávez del ISSSTE. La variable dependiente o variable respuesta se obtuvo mediante la categorización de los valores de la prueba de laboratorio HbA1c. Esta variable respuesta representa el control de la enfermedad según el nivel de glucosa en sangre donde las categorías “bueno”, “regular”, y “malo” son más sencillas de comprender para los pacientes que un resultado en porcentaje y conserva la escala ordenada natural de la variable subyacente.

Por otra parte, los pacientes regulares del módulo respondieron de forma voluntaria e independiente el instrumento INMEVID, como se especifica en el capítulo 4, del cual se obtuvieron las variables explicativas que representan aquellas acciones del estilo de vida que impactan de forma importante en el control de la enfermedad y que pueden modificarse para lograr un cambio benéfico en los pacientes.

### 6.1. Selección de variables

Se seleccionaron aquellas variables que de forma independiente tienen una fuerte asociación con la variable respuesta “control del nivel de glucosa en sangre”. Después, se identificó a las variables del INMEVID que generan un mejor ajuste del modelo, y en colaboración con los médicos expertos en el área se aseguró que las variables seleccionadas representaran de forma congruente los factores que causan cambios en el control de la enfermedad.

Para estimar la asociación que existe entre las variables independientes y el control de glucosa se utilizaron varias funciones del programa R para medidas de asociación. Los resultados obtenidos se encuentran en la Tabla 6.1. Se resaltan aquellos valores que resultan más significativos para las siguientes pruebas:

**$\chi^2$  p-value:** *Pearson's Chi-squared Test* para datos de conteo. Genera un p-valor, donde la hipótesis nula es que la ocurrencia de las observaciones en cada categoría es

estadísticamente independiente y se debe al azar.

**Spearman  $\rho$ :** *Spearman rank correlation coefficient.* Pone a prueba la asociación entre dos variables ordenadas o *ranqueadas*. Este coeficiente tiene un rango de  $[-1, 1]$  donde valores cercanos a  $-1$  indican una correlación negativa, valores cercanos a  $1$  sugieren una correlación positiva y valores cercanos a  $0$  sugieren que no existe correlación entre las variables.

**Kendall  $\tau$ :** *Kendall rank correlation coefficient.* Pone a prueba la asociación entre dos variables basada en los intervalos jerarquizados de las observaciones. Para la interpretación de sus valores se utiliza el mismo criterio que para la  $\rho$  de Spearman.

**Goodman-Kruskal:** *Goodman-Kruskal Gamma for ordered tables.* Es una medida de asociación para variables ordinales. Para su interpretación se utiliza el mismo criterio de los coeficientes anteriores, en el intervalo  $[-1, 1]$ . Basta con que una de las variables sea de tipo categórica, cuando la otra variable es continua es posible establecer intervalos en ella para utilizar esta prueba.

Como resultado, ocho variables son las que explican de forma adecuada los cambios en el control del nivel de glucosa. Para estas variables, se realizó un exhaustivo análisis descriptivo, destacando la importancia que tiene cada una de ellas en el control de la enfermedad. Este análisis se encuentra disponible en el apéndice B.

En conjunto, fueron consideradas las pruebas de asociación con valores significativos, la opinión de los médicos expertos del área y, como apoyo para identificar el mejor modelo, la comparación de devianzas, al incluir y eliminar variables. Así, las variables que forman parte del modelo son:

**Diag.peso.** Categorización del IMC: normal, sobrepeso (L), obesidad (Q) y obesidad mórbida (C).

**Dext.Post.** Resultado de la prueba rápida de nivel de dextrosa postprandial.

**P3.** Número de piezas de pan consumidas al día.

**P10.** Frecuencia de actividad física.

**P15.** Consumo de bebidas alcohólicas.

**P20.** Sentimiento de tristeza del paciente.

**P23.** Seguir dieta de diabético.

**P25** Seguir las instrucciones médicas para el cuidado del paciente.

Como primera observación, estas variables al ser las más significativas según las pruebas de asociación con la variable respuesta, son las que representarían un cambio observable en el nivel de glucosa en sangre si el paciente realiza cambios importantes en sus hábitos.

Asociación con Control de Hemoglobina glicada				
Variable	$\chi^2$ p-value	Spearman $\rho$	Kendall $\tau$	Goodman- Kruskal
Sexo	0.779	0.047	0.046	0.110
Edad				-0.121
Peso				0.012
Talla				0.009
IMC				0.184
Diagnóstico peso	0.001	0.188	0.174	0.350
P. Abdominal				0.179
Dext. Ayuno				0.651
Dext. Post				0.820
Sístole				-0.091
Diástole				-0.118
Frec. Cardíaca				-0.156
Frec. Respiratoria				-0.173
P1	2.20E-16	0.562	0.552	0.903
P2	2.20E-16	0.546	0.536	0.895
P3	2.20E-16	0.597	0.587	0.907
P4	1.07E-14	0.548	0.539	0.877
P5	6.63E-13	0.302	0.297	0.906
P6	7.94E-09	0.257	0.253	0.878
P7	0.226	0.062	0.006	0.174
P8	0.227	0.006	0.006	0.015
P9	5.66E-09	0.351	0.345	0.765
P10	2.20E-16	0.447	0.428	0.808
P11	4.25E-12	0.364	0.347	0.637
P12	7.00E-06	0.335	0.324	0.668
P13	5.15E-05	0.163	0.160	0.351
P14	0.014	0.168	0.163	0.352
P15	0.024	0.164	0.161	0.361
P16	0.002	0.176	0.171	0.368
P17	0.011	0.253	0.241	0.563
P18	8.28E-05	0.300	0.294	0.666
P19	9.76E-07	0.315	0.310	0.628
P20	5.85E-09	0.386	0.379	0.724
P21	9.82E-05	0.275	0.270	0.586
P22	9.99E-09	0.424	0.417	0.795
P23	8.44E-14	0.546	0.536	0.884
P24	0.147	0.065	0.064	0.260
P25	2.20E-16	0.517	0.508	0.917

Tabla 6.1: Valores de la estimación de las medidas de asociación entre las variables analizadas y el control de glucosa.

## 6.2. Ajuste del modelo

Utilizando la función *clm* del paquete *Ordinal* en el programa estadístico R, el modelo que ajusta a los datos y busca explicar el fenómeno de interés se encuentra resumido en la Tabla 6.2. Cuenta con la estimación de los parámetros de regresión  $\beta$  y de los parámetros de intercepción  $\alpha$  para cada intervalo en las categorías de la respuesta. Así, el modelo se expresa de la siguiente forma para cada una de las categorías:

$$\begin{aligned} \text{logit}(Y \leq \text{bueno}) = & 13.824 - 3.156 \text{ Diag.peso} - 0.093 \text{ Dext.Post} - 1.674 \text{ P3} + \\ & 0.743 \text{ P10} + 1.129 \text{ P15} - 1.462 \text{ P20} - 1.366 \text{ P23} - 1.847 \text{ P25} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{logit}(Y \leq \text{regular}) = & 21.970 - 3.156 \text{ Diag.peso} - 0.093 \text{ Dext.Post} - 1.674 \text{ P3} + \\ & 0.743 \text{ P10} + 1.129 \text{ P15} - 1.462 \text{ P20} - 1.366 \text{ P23} - 1.847 \text{ P25} \end{aligned}$$

Estas expresiones son válidas cuando el diagnóstico de peso es sobrepeso y se reporta hacer ejercicio 1 a 2 veces por semana en la pregunta 10. Si se tiene, por ejemplo, un paciente con obesidad mórbida y que casi nunca hace ejercicio, es necesario seleccionar los valores estimados 0.020 y 0.754 para los parámetro de regresión de Diag.peso y P10, respectivamente.

Summary CLM					
Coefficients	Estimate	Std Error	z value	Pr (>  z )	
Diag.peso.L	3.15646	1.88833	1.672	0.09461	.
Diag.peso.Q	0.37922	1.42443	0.266	0.79006	
Diag.peso.C	0.02067	0.78199	0.026	0.97891	
Dext.Post	0.09298	0.02015	4.614	3.94e-06	***
P3.L	1.67372	0.56502	2.962	0.00305	**
P10.L	-0.74305	0.96510	-0.770	0.44135	
P10.Q	0.75423	0.62969	1.198	0.23100	
P15.L	-1.12907	0.58194	-1.940	0.05236	.
P20.L	1.46248	0.51840	2.821	0.00479	**
P23.L	1.36582	0.57131	2.391	0.01682	*
P25.L	1.84712	0.67875	2.721	0.00650	**
Threshold coefficients					
bueno regular	13.824	3.252	4.250	2.13e-05	
regular malo	21.970	4.321	5.085	3.68e-07	
-----					
AIC	101.33				
BIC	144.20				
Log Likelihood	-37.66				
Num. obs.	200				
-----					
*** $p < 0.001$ , ** $p < 0.01$ , * $p < 0.05$ , · $p < 0.1$					

Tabla 6.2: Modelo de regresión logística ordinal ajustado a los datos.

### 6.3. Interpretación

Para este modelo son de especial interés los cocientes de momios, a los que algunos autores se refieren como *odds ratio*.<sup>1</sup> Es importante tener presente que las comparaciones se realizan de forma independiente para cada variable explicativa, manteniendo constante el resto de las variables, comportamiento similar al de las derivadas parciales. Después de obtener el modelo, es necesario utilizar la función exponencial en los coeficientes del modelo para calcular los cocientes de momios, *odds ratio* (*OR*) por su nombre en inglés, y los correspondientes intervalos de confianza (*C. I.*), los cuales se encuentran resumidos en la Tabla 6.3.

	OR	C. I.	
		2.50 %	97.50 %
Diag.peso.L	23.4872	1.4153	787.5773
Diag.peso.Q	1.4611	0.1381	17.1806
Diag.peso.C	1.0209	0.2375	4.2845
Dext.Post	1.0974	1.0594	1.1478
P3.L	5.3320	1.8667	17.7154
P10.L	0.4757	0.0706	3.3314
P10.Q	2.1260	0.6419	7.9592
P15.L	0.3233	0.0942	0.9541
P20.L	4.3166	1.6229	12.8265
P23.L	3.9189	1.3270	12.8575
P25.L	6.3415	1.7724	26.4814

Tabla 6.3: Cociente de momios e intervalos de confianza.

Para interpretar estos valores se considera el incremento en una unidad de la variable explicativa  $X_i$  manteniendo el resto de las variables constantes. Por ejemplo, en el caso de la variable Diagnóstico de peso, se dice que el momio de tener controlada la enfermedad ( $Y \leq j$ ) en pacientes con sobrepeso es 23.48 veces mayor que el momio de tener controlada la enfermedad en pacientes con peso normal. Aunque esta afirmación parezca contradictoria, pues se esperaría que con un buen IMC se tenga un mejor control de la enfermedad, es importante identificar las características de los datos con los que se cuenta. Como se puede comprobar en la Figura B.2, la cantidad de pacientes con sobrepeso es mucho mayor a la cantidad de pacientes con peso normal en las categorías bueno y regular. Entonces, tiene sentido que el cociente de momios refleje una fuerte asociación de los pacientes con sobrepeso con las categorías que tienden hacia un buen control más que con aquellas asociadas a un mal control.

---

<sup>1</sup> $\Omega_1 = \log \left( \frac{\mathbb{P}(Y \leq j | x = 1)}{\mathbb{P}(Y > j | x = 1)} \right)$ ,  $\Omega_2 = \log \left( \frac{\mathbb{P}(Y \leq j | x = 2)}{\mathbb{P}(Y > j | x = 2)} \right)$ ,  $OR = \frac{\Omega_1}{\Omega_2}$

Por otra parte, el momio de tener un buen control de la enfermedad dado que se tiene obesidad es 1.46 veces más grande que el momio de tener un buen control de la enfermedad dado que se tiene peso normal. Esto se interpreta como una pequeña asociación positiva de los pacientes con obesidad con un buen control, de nuevo, esto se debe a las características de la muestra. Como se trata del modelo con momios proporcionales esta interpretación será la misma cuando se compare el momio de tener un control regular dado que se tiene obesidad con el momio de tener un control regular dado que se tiene peso normal.

Un caso interesante es el de la variable P15, que hace referencia al consumo de bebidas alcohólicas. Aquí, el momio de tener un buen control dado que se consumen bebidas alcohólicas es 0.32 veces mayor que el momio de tener buen control dado que no se consumen. Esto quiere decir que existe una asociación positiva con tener un buen control de la enfermedad para aquellas personas que no consumen bebidas alcohólicas.

Para la variable Dextrosa postprandial, al tratarse de una variable continua, la interpretación será que por cada unidad que aumenta la dextrosa, los momios de pasar de control bueno a regular o de regular a malo, se multiplican por 1.0974, es decir, aumenta el momio de pasar a una categoría superior.

Los logits,  $\text{logit}(Y = j|X)$ , generados por el modelo se encuentran concentrados en la Tabla 6.4, así como las probabilidades ajustadas. Una observación sobresaliente es que las probabilidades para la categoría más baja, “bueno”, son muy altas y para la siguiente categoría, “regular”, han acumulado casi la totalidad de probabilidades (observar últimas tres columnas de la tabla).

Aunque se trate de probabilidades altas, cuando se presenta un incremento en los valores que puede tomar  $X$ , la probabilidad de tener un buen control disminuye. Por ejemplo, cuando el diagnóstico de peso es “normal”,  $X$  toma el valor de 1 y la probabilidad de tener un buen control es de 0.9854 pero cuando el diagnóstico es obesidad mórbida, la probabilidad disminuye a 0.4921. Este comportamiento ocurre de forma inversa en la categoría “regular”, donde la probabilidad de tener un control regular aumenta con valores más altos de  $X$ , pasa de 0.0146 para un peso normal a 0.5076 para quien tiene obesidad mórbida. Para la categoría “malo”, aunque el cambio en las probabilidades sea menos notorio, se tiene un comportamiento similar, la probabilidad de tener un mal control es mayor cuando se presenta obesidad mórbida.

Para la variable dextrosa postprandial el cambio en las probabilidades es más evidente. La probabilidad de tener un buen control es mayor para valores bajos de dextrosa, mientras que la probabilidad de tener control regular es más alta cuando se tienen valores intermedios de dextrosa postprandial. La probabilidad de tener un mal control de la enfermedad es muy alta cuando se tienen valores en extremo altos de dextrosa postprandial pero para niveles bajos de dextrosa, la probabilidad de tener mal control es muy cercana a cero.

La probabilidad de que un paciente tenga un buen control de la enfermedad cuando no consume piezas de pan es 0.96 pero cuando aumenta el consumo de piezas de pan esta probabilidad disminuye a 0.72 y la probabilidad de tener un control regular aumenta de 0.03 a 0.27. La probabilidad de tener un mal control aumenta ligeramente cuando se incrementa el consumo de piezas de pan.

Un cambio importante se presenta en la pregunta 25 que hace referencia al apego al tratamiento medico indicado para el cuidado. Cuando el paciente no sigue las indicaciones la probabilidad de tener un buen control de la enfermedad disminuye drásticamente de 0.95 a 0.59. De forma similar, la probabilidad de tener un control regular aumenta a 0.40 al no seguir las instrucciones. Aunque pequeño, la probabilidad de tener un mal control incrementa cuando no se siguen las instrucciones medicas para el cuidado. De forma análoga se puede realizar la interpretación para cada variable.

Variable	X	$\text{logit}(Y \leq j X)$			$\mathbb{P}(Y = j X)$		
		Bueno	Regular	Malo	Bueno	Regular	Malo
Diag.peso	1	4.2125	-4.2128	-12.3589	0.9854	0.0146	4.29E-06
	2	3.1617	-3.1620	-11.3080	0.9594	0.0406	1.23E-05
	3	1.7778	-1.7782	-9.9241	0.8554	0.1445	4.90E-05
	4	-0.0315	0.0303	-8.1148	0.4921	0.5076	2.99E-04
Dext.post	100	7.4439	-7.4442	-15.5902	9.99E-01	0.0006	1.70E-07
	150	2.7949	-2.7952	-10.9412	9.42E-01	0.0576	1.77E-05
	200	-1.8542	1.8385	-6.2921	1.35E-01	0.8628	1.85E-03
	250	-6.5033	1.6321	-1.6430	1.50E-03	0.8365	1.62E-01
	300	-11.1523	-3.0063	3.0060	1.43E-05	0.0471	9.53E-01
P3	1	3.3157	-3.3160	-11.4620	0.9650	0.0350	1.05E-05
	2	0.9487	-0.9493	-9.0950	0.7209	0.2790	1.12E-04
P10	1	1.7612	-1.7616	-9.9075	0.8534	0.1466	4.98E-05
	2	3.2104	-3.2107	-11.3567	0.9612	0.0388	1.17E-05
	3	2.8121	-2.8124	-10.9584	0.9433	0.0567	1.74E-05
P15	1	2.1051	-2.1055	-10.2514	0.8914	0.1086	3.53E-05
	2	3.7019	-3.7022	-11.8482	0.9759	0.0241	7.15E-06
P20	1	3.2736	-3.2739	-11.4199	0.9635	0.0365	1.10E-05
	2	1.2053	-1.2058	-9.3516	0.7695	0.2304	8.68E-05
P23	1	3.3443	-3.3446	-11.4906	0.9659	0.0341	1.02E-05
	2	1.4127	-1.4131	-9.5590	0.8042	0.1957	7.06E-05
P25	1	3.0101	-3.0104	-11.1564	0.9530	0.0470	1.43E-05
	2	0.3979	-0.3987	-8.5442	0.5982	0.4016	1.95E-04

Tabla 6.4: Logits y probabilidades ajustadas del modelo de regresión logística ordinal.

Las probabilidades ajustadas para cada categoría de respuesta se pueden apreciar gráficamente en las figuras 6.1 a 6.8, generadas con ayuda de la función *allEffects* del paquete *effects* de R, las cuales facilitan apreciar el efecto que causa un cambio en las variables independientes. Donde los intervalos de confianza son representados por el área sombreada en la variable continua y por las líneas rojas en las variables categóricas. Mientras la línea que conecta los puntos representa el efecto por cada categoría, creando un "perfil" de respuesta.

Por ejemplo, en la figura 6.1 correspondiente al diagnóstico de peso, se puede visualizar el comportamiento descrito en un párrafo anterior. La probabilidad de tener un control "bueno" disminuye cuando el diagnóstico de peso empeora mientras que la probabilidad de tener un control "regular" muestra un comportamiento inverso, aumentando con un peor diagnóstico de peso. Finalmente, en la categoría de "malo", la probabilidad aumenta ligeramente con obesidad mórbida.

Para el caso de dextrosa postprandial, la figura 6.2 muestra que la probabilidad de tener un control "bueno" se acumula para valores bajos de dextrosa. Para un control "regular", la probabilidad se acumula para valores medios, a partir de  $150\text{ mg/dL}$ , mientras que, la probabilidad de tener un control "malo" es alta en pacientes con valores de más de  $250\text{ mg/dL}$  de dextrosa.

Para el resto de las variables, aunque se tienen cambios poco perceptibles en la categoría de control "malo", se puede observar fácilmente el comportamiento inverso en las categorías "bueno" y "regular", es decir, los pacientes que realizan acciones a favor de un estilo saludable tienen una probabilidad mayor de tener un buen control, y los que realizan algunas veces estas acciones tienen una probabilidad menor. De forma inversa, los pacientes que realizan las acciones en favor del estilo de vida saludable tienen una probabilidad baja de tener un control regular y los que las realizan algunas veces tienen una probabilidad alta de tener un control regular.

Contar con la representación gráfica de las probabilidades ajustadas no sólo facilita la interpretación si no que además ayudar a identificar las acciones que tendrán un mayor impacto. Así, si un paciente desea hacerlo, podría identificar aquellas acciones que, de forma independiente, aumentan la probabilidad de pertenecer a cada categoría de control del nivel de glucosa en sangre.

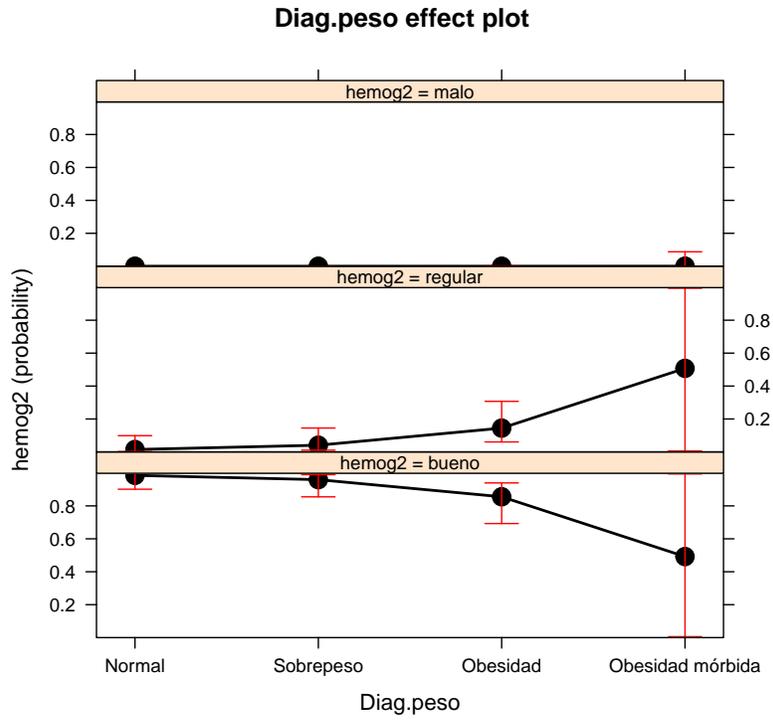


Figura 6.1: Probabilidad ajustada para Diagnóstico de peso.

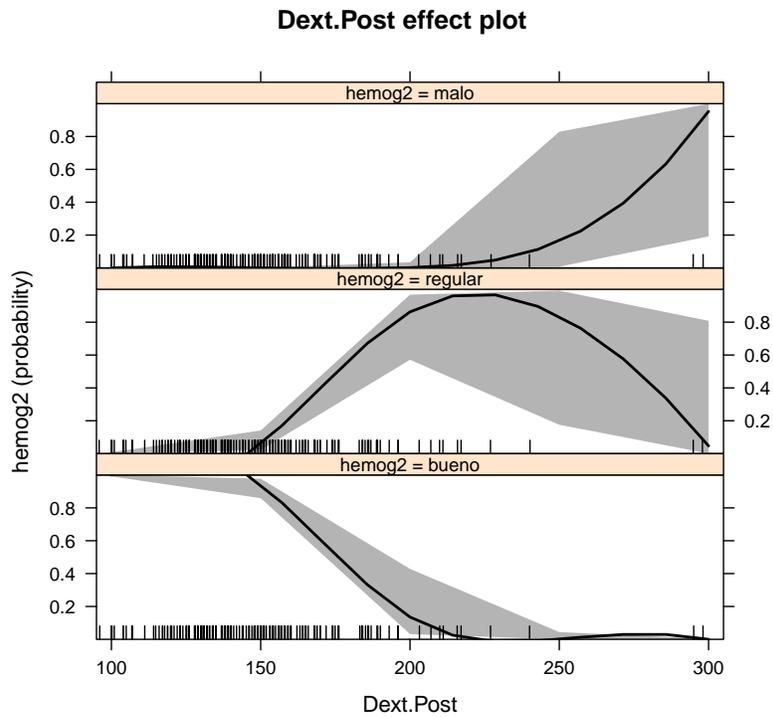


Figura 6.2: Probabilidad ajustada para Dextrosa postprandial.

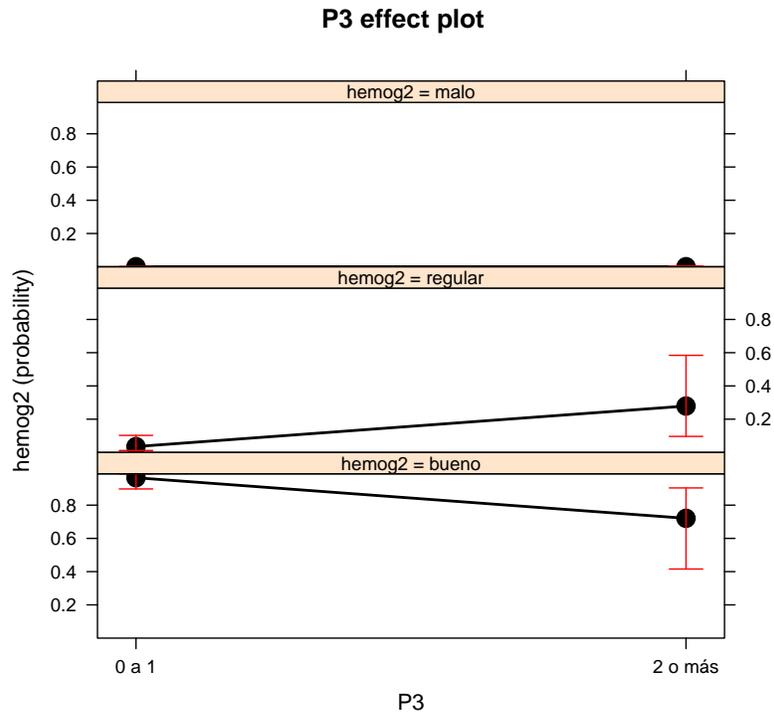


Figura 6.3: Probabilidad ajustada para consumo de piezas de pan.

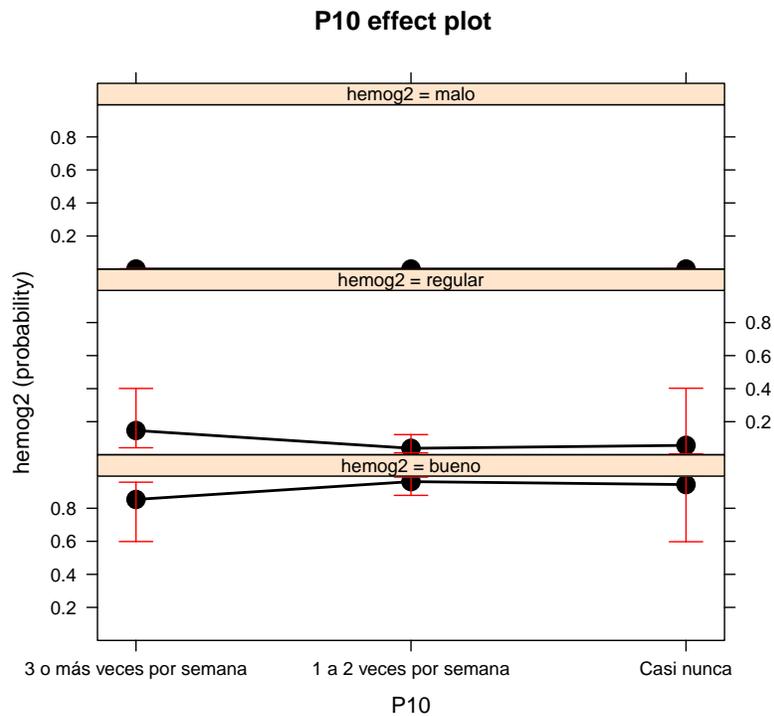


Figura 6.4: Probabilidad ajustada para frecuencia de actividad física.

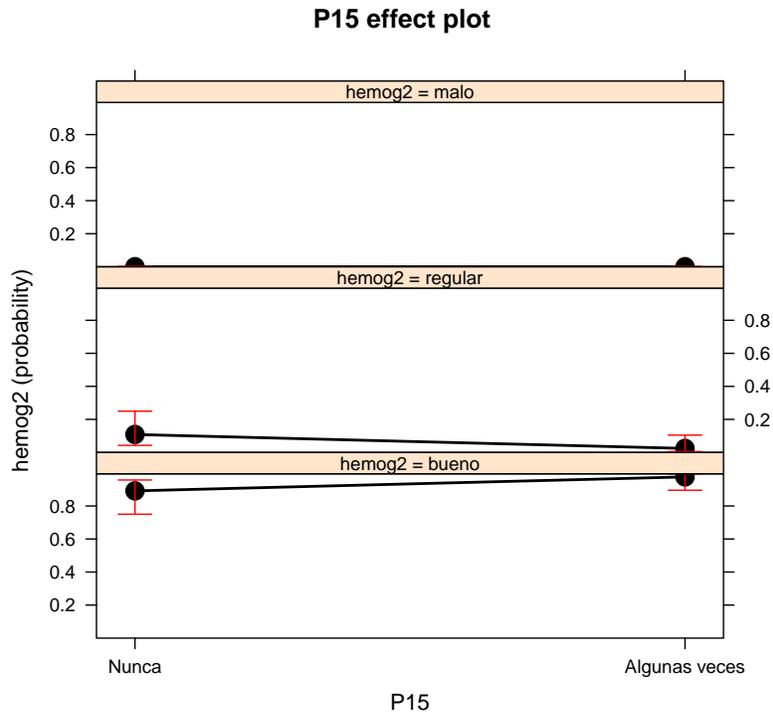


Figura 6.5: Probabilidad ajustada para consumo de bebidas alcohólicas.

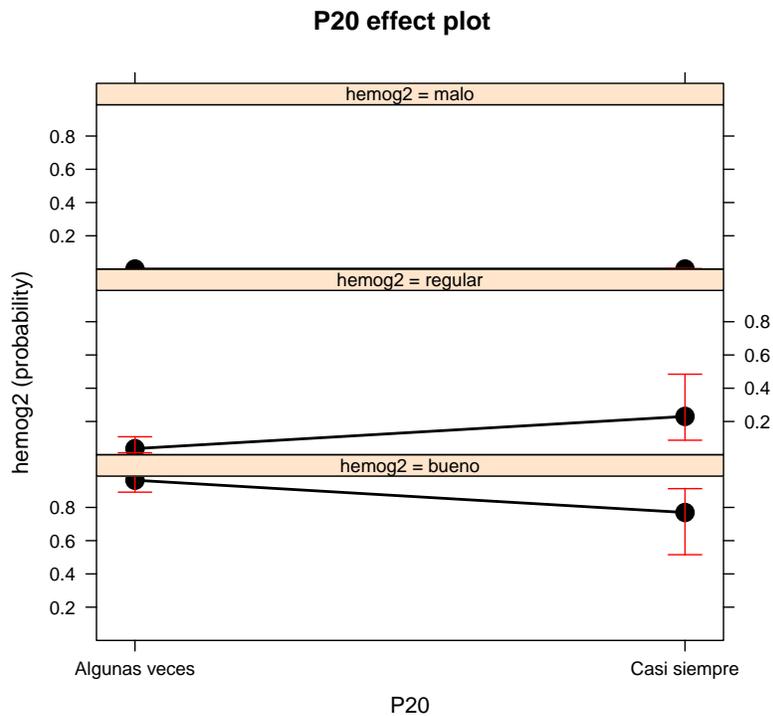


Figura 6.6: Probabilidad ajustada para sentirse triste.

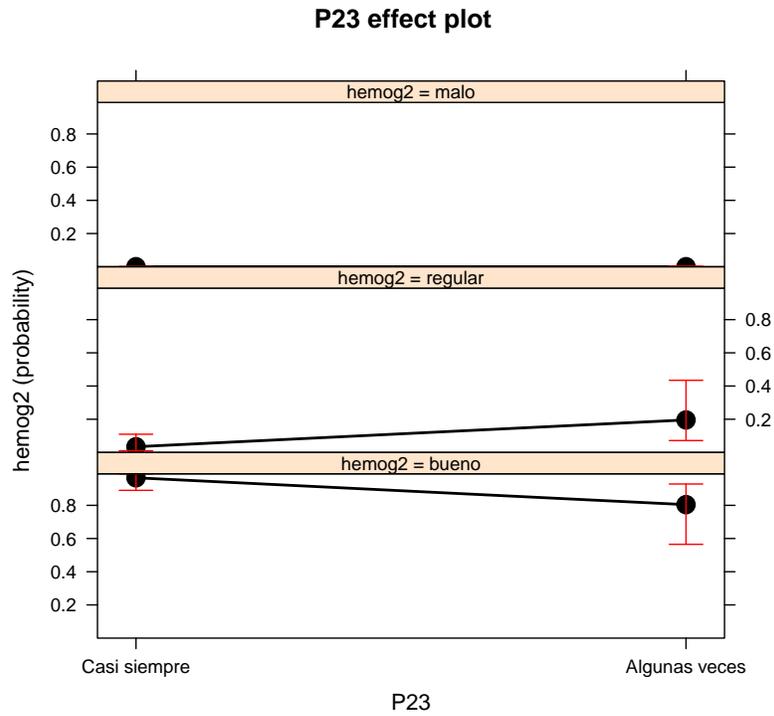


Figura 6.7: Probabilidad ajustada para seguir dieta especial.

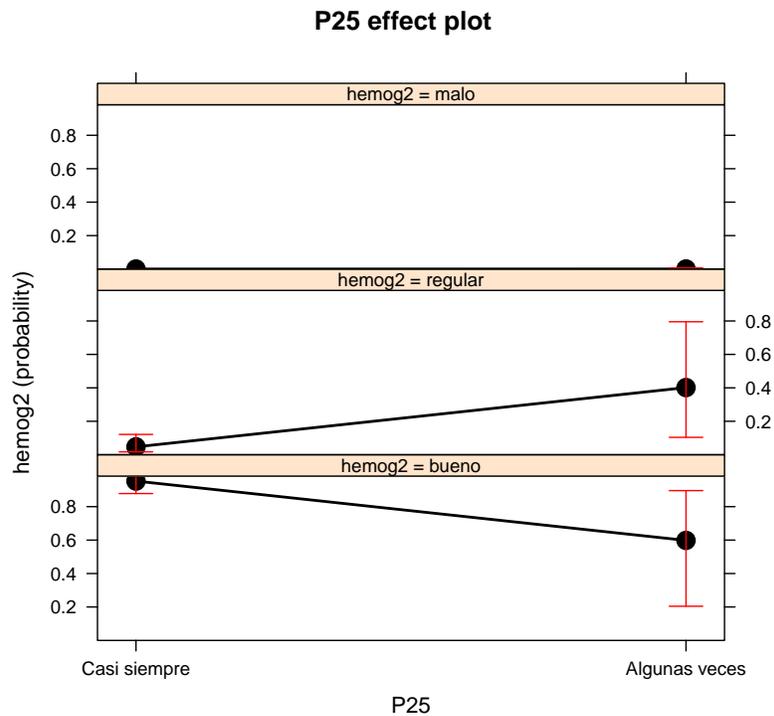


Figura 6.8: Probabilidad ajustada para seguir instrucciones médicas.

## 6.4. Momios proporcionales

La característica más importante del modelo utilizado es la proporcionalidad en los momios. Se parte de esta característica para realizar la interpretación de la Tabla 6.3, donde se cuenta con sólo un parámetro de regresión  $\beta$  para las  $j$  categorías de la variable respuesta.

Para mostrar que el modelo de momios proporcionales genera un mejor ajuste que el modelo de momios proporcionales parciales y que el modelo multinomial se utiliza la prueba *nominal test* del paquete *ordinal* en R. Esta prueba compara el cociente de verosimilitudes entre el modelo propuesto con momios proporcionales y el modelo multinomial el cual genera distintos  $\beta$ 's para las categorías de respuesta.

Esta prueba genera una sola salida donde cada variable dentro del modelo es analizada de forma independiente. Se plantea qué pasaría si para esta variable se utilizara un modelo multinomial, es decir, esta variable tendría dos parámetros de regresión ( $\beta_{\text{bueno-regular}}$  y  $\beta_{\text{regular-malo}}$ ) y se compara con el modelo de momios proporcionales. Se genera un cociente de verosimilitudes, un criterio de AIC y un p-valor los cuales sirven para decidir si se rechaza que la variable en cuestión cumple con el supuesto de proporcionalidad.

El resultado de la prueba *nominal test* se encuentra en la Tabla 6.5. Se puede indicar, por los valores obtenidos, que la diferencia entre los modelos no es significativa, por lo cual, no se rechaza el ajuste con el modelo de momios proporcionales para cada una de las variables explicativas.

Tests of nominal effects					
<i>hemog2</i> ~ <i>Diag.peso</i> + <i>Dext.Post</i> + <i>P3</i> + <i>P10</i> + <i>P15</i> + <i>P20</i> + <i>P23</i> + <i>P25</i>					
	Df	logLik	AIC	LRT	Pr(>Chi)
none		-37.66	101.33		
Diag.peso	3	-37.46	106.93	0.398	0.941
Dext.Post	1	-37.22	102.43	0.894	0.345
P3	1	-37.57	103.14	0.186	0.666
P10	2	-37.62	105.24	0.086	0.958
P15	1	-37.29	102.58	0.747	0.388
P20	1	-37.52	103.03	0.291	0.589
P23	1	-37.63	103.27	0.060	0.806
P25	1	-37.04	102.07	1.255	0.263

Tabla 6.5: Resultado de la prueba *nominal test*.

## 6.5. Bondad de ajuste

Después de haber seleccionado las variables, ajustado el modelo y comprobado el supuesto de momios proporcionales, es necesario realizar pruebas de bondad de ajuste para corroborar que el modelo ajusta bien a los datos del fenómeno y que no depende únicamente de la aleatoriedad. Para este fin se utilizan varias pruebas, la primera utiliza las devianzas<sup>2</sup>, la diferencia entre la devianza del modelo nulo y la devianza del modelo ajustado muestra cómo ajusta el modelo en comparación con el modelo nulo. Mientras mayor sea la diferencia es mejor pues dista más de un fenómeno producto de la aleatoriedad.

Entonces, utilizando el programa R, se genera el modelo nulo y se extrae el logaritmo de la verosimilitud para el modelo nulo (*nullmodel*) y para el modelo con las variables seleccionadas (*mmp*). Así, se obtiene que la devianza es de 182.97. La diferencia de devianzas se distribuye de forma asintótica como  $\chi^2_{p-q}$ , para este caso, los grados de libertad residuales se extraen de los atributos de los modelos y se obtiene un p-valor de  $2.489878e^{-33}$  por lo que se rechaza que el modelo nulo ajuste mejor a los datos, así el modelo con las variables seleccionadas explica mejor al fenómeno de interés.

Utilizando el paquete *generalhoslem* en R, se realizaron otras tres pruebas de bondad de ajuste que utilizan el cociente de verosimilitudes y la distribución  $\chi^2$ : la prueba de Lipsitz para modelos de repuesta ordinal, la prueba de Hosmer-Lemeshow en su versión para modelos de regresión logística ordinal y la prueba de Pulkstenis-Robinson para modelos de respuesta ordinal. Estos modelos, de forma general, comparan las frecuencias observadas con las esperadas, agrupando aquellas que tienen valores similares en las covariables [17]. Dado que la variable respuesta es de tipo ordinal es necesario utilizar pruebas diseñadas especialmente para este tipo de datos. La información que se generó se encuentra concentrada en la Tabla 6.6. Los *p-values* para los estadísticos de las pruebas resultaron no significativos, lo que indica que no hay evidencia de que los valores observados y los valores esperados difieran, con lo cual no se rechaza que el modelo seleccionado genera un buen ajuste del fenómeno de interés.

Método	Estadística	p-value
Lipsitz goodness of fit test for ordinal response models	Likelihood ratio statistic = 4.6748	0.8617
Hosmer and Lemeshow test (ordinal model)	X-squared = 2.148	0.9512
Pulkstenis-Robinson chi-squared test	X-squared = 107.85	0.9999
Pulkstenis-Robinson deviance test	Deviance-squared = 65.097	0.9999

Tabla 6.6: Pruebas de bondad de ajuste.

<sup>2</sup> $D(M_1) - D(M_2) = -2\ell(M_2, M_1)$

## 6.6. Predicción

Uno de los principales objetivos de modelar este fenómeno es ayudar a que los pacientes identifiquen aquellas acciones que les permitan tener un cambio positivo en el control de la enfermedad. Una vez que identificaron aquellos factores donde pueden realizar cambios, entonces, el modelo podría predecir cuál sería la categoría de control de diabetes que obtendría. Para ello supongamos que tenemos tres diferentes pacientes, cada uno con comportamientos muy característicos. Estos pacientes desean conocer cómo afectaría el control de la enfermedad la decisión de cambiar acciones específicas. Entonces, el modelo generado sugiere cuál sería la probabilidad de presentar la categoría bueno, regular y malo a través de la función *predict*, esta información se concentra en la Tabla 6.7 donde la variable PredControl es la categoría que el modelo predice que el paciente presentará según sus respuestas al INMEVID, de tal forma que la categoría 1 corresponde a un buen control, 2 a control regular y 3 a mal control.

Por ejemplo, el paciente *A* tiene un mal control y en todas las preguntas del INMEVID seleccionó la categoría más alta, asociadas a un estilo de vida poco saludable. Si decide cambiar su estilo de vida y comenzar a seguir las instrucciones médicas para su cuidado (P25), entonces, el modelo sugiere que la probabilidad de mantenerse en un mal control desciende ligeramente, aumentando la probabilidad de tener un control regular. Sin embargo, modificar solamente este hábito no provoca un cambio en la predicción, manteniendo un mal control de la enfermedad. Si el paciente *A* decidiera modificar un hábito a la vez y mantener los otros constantes, el modelo indica que no lograría un cambio en el control de la enfermedad, excepto tal vez cuando se presenta un nivel bajo de dextrosa postprandial, donde el modelo predice un control regular con probabilidad de 0.78. Es importante considerar que la dextrosa postprandial es altamente susceptible a cambios momentáneos en la alimentación causados, por ejemplo, por periodos de ayuno prolongados, por lo que no sería prudente considerar esta variable como factor único a modificar para alcanzar un buen control de la enfermedad. En cambio, cuando se realiza el cambio en varios hábitos de forma conjunta, el modelo sugiere un cambio en la categoría de predicción con una probabilidad mucho mayor. Así, si el paciente *A* descendiera a la categoría de obesidad, mantuviera valores promedio de 150 *mg/dL* en dextrosa postprandial, consumiendo menor cantidad de pan y bebidas alcohólicas, incrementando la actividad física y atendiendo la sensación de tristeza con apoyo psicológico, entonces con probabilidad 0.906, lograría como primer paso alcanzar un control regular de la enfermedad.

El paciente *B*, por otra parte, se caracteriza por haber alcanzado un buen control de la enfermedad y selecciona las categorías más bajas en el INMEVID las cuales se asocian con un estilo de vida saludable, sin embargo, le gustaría ser más laxo en algunas áreas sin que perjudique de forma grave su salud. Supongamos que, de forma drástica, aumenta de peso hasta presentar obesidad mórbida, aunque se esperaría que presente un cambio en la predicción de control ésta se mantiene en la categoría de bueno pero la probabilidad de permanecer en buen control disminuye y aumenta la de regular. El caso más grave, modificando cada una de las categorías de forma independiente, se tiene

cuando se dispara la dextrosa postprandial a  $300\text{ mg/dL}$  causando una predicción de mal control con una probabilidad de 0.757, lo que significa que mantener valores tan elevados de dextrosa postprandial sería suficiente para sabotear todos los esfuerzos del paciente para lograr un buen control. Supongamos, ahora de forma conjunta, que el paciente es menos estricto en algunas áreas de tal forma que se permite comer varias piezas de pan, consumir bebidas alcohólicas de vez en cuando y no apegarse de forma tan disciplinada a una dieta para diabético, entonces el modelo predice que puede seguir en la categoría de buen control aunque la probabilidad desciende a 0.877.

En el caso del paciente *C*, se trata de alguien no tan disciplinado como el paciente *B* ni tan laxo como el paciente *A*, alguien que tiene algunos buenos hábitos y otros que no considera necesarios cambiar. Presenta sobrepeso, una dextrosa postprandial cercana a la media, come más de dos piezas de pan al día, casi nunca hace ejercicio, consume bebidas alcohólicas, constantemente se siente triste y no siempre se apega a una dieta especial ni al tratamiento médico especificado. Este paciente tiene un control regular con una probabilidad de 0.933, si decidiera comenzar por atender el sentimiento constante de tristeza, la probabilidad de control regular disminuye a 0.655 y la de bueno aumenta a 0.343, mostrando la importancia de la salud emocional para los pacientes diabéticos. Si además decide consumir menos pan, realizar ejercicio con mayor frecuencia y seguir las indicaciones médicas, entonces el modelo sugiere que logrará un buen control con una probabilidad de 0.963. Por el contrario, si decide conservar los hábitos y presenta obesidad con una dextrosa postprandial de  $200\text{ mg/dL}$ , el modelo sugiere que tendría mal control con una probabilidad de 0.646, lo que es poco deseable, así el paciente será capaz de identificar aquellas acciones que aunque parecen pequeñas tienen una repercusión importante en su salud.

En los tres casos modificar los niveles de dextrosa postprandial causa un cambio importante, como se menciona anteriormente, no debería ser considerado como único objetivo por lo que las Figuras 6.9 a 6.15 muestran las probabilidades ajustadas de dextrosa postprandial en combinación con cada una de las variables del modelo. Por ejemplo, la Figura 6.9 muestra que si un paciente tiene un peso normal y dextrosa postprandial de  $200\text{ mg/dL}$  tiene una probabilidad aproximada de 0.15 de tener buen control y esta disminuye con cada categoría hasta llegar a cero para obesidad mórbida. El mismo paciente con  $200\text{ mg/dL}$  de dextrosa tendrá una probabilidad de 0.70 de tener un control regular cuando tiene un peso normal mientras que aumenta aproximadamente a 0.99 con obesidad y disminuye aproximadamente a 0.90 con obesidad mórbida. La probabilidad de que presente un mal control cuando el peso es normal es muy cercana a cero pero aumenta aproximadamente a 0.10 con obesidad mórbida.

De forma análoga se pueden interpretar el resto de las figuras, resaltando que, en la Figura 6.13 el sentimiento de tristeza afecta de forma importante. Un paciente con  $175\text{ mg/dL}$  de dextrosa tiene una probabilidad aproximada de 0.70 de tener un buen control cuando se siente triste algunas veces pero si casi siempre se siente triste entonces tendrá una probabilidad aproximada de 0.80 de tener un control regular. Es decir, el control del nivel de glucosa en sangre se ve altamente afectado por estas dos variables.

Paciente	Diag.peso	Dext.Post	P3	P10	P15	P20	P23	P25	PredControl	ft.Bueno	ft.Regular	ft.Malo
A	4	300	2	3	2	2	2	2	3	2.38e-09	8.21e-06	0.999992
	4	300	2	3	2	2	2	1	3	3.24e-08	1.12e-04	0.999888
	4	300	2	3	2	2	1	2	3	1.64e-08	5.67e-05	0.999943
	4	300	2	3	2	1	2	2	3	1.88e-08	6.50e-05	0.999935
	4	300	2	3	1	2	2	2	3	4.82e-10	1.66e-06	0.999998
	4	300	2	2	2	2	2	2	3	3.55e-09	1.22e-05	0.999988
	4	300	2	1	2	2	2	2	3	8.32e-10	2.87e-06	0.999997
	4	300	1	2	2	2	2	2	3	3.78e-08	1.30e-04	0.999870
	4	130	1	2	2	2	2	2	2	0.216886	0.782069	1.05e-03
	1	300	1	2	2	2	2	2	2	2.63e-06	9.01e-03	0.990990
	3	150	1	1	1	1	2	2	2	9.01e-02	0.906937	2.92e-03
	1	130	1	1	1	1	1	1	1	0.998538	1.46e-03	4.24e-07
4	130	1	1	1	1	1	1	1	0.907395	9.26e-02	2.96e-05	
1	300	1	1	1	1	1	1	1	9.32e-05	0.243297	0.756610	
1	130	2	1	1	1	1	1	1	0.984622	1.54e-02	4.53e-06	
1	130	1	3	1	1	1	1	1	0.999488	5.12e-04	1.48e-07	
1	130	1	1	2	1	1	1	1	0.999703	2.96e-04	8.60e-08	
1	130	1	1	1	2	1	1	1	0.988548	1.14e-02	3.36e-06	
1	130	1	1	1	1	1	2	1	0.989996	1.00e-02	2.93e-06	
1	130	1	1	1	1	1	1	1	0.980432	1.96e-02	5.78e-06	
1	150	2	1	2	1	2	1	1	0.877059	0.122901	4.06e-05	
2	150	2	3	2	2	2	2	2	6.21e-02	0.933583	4.36e-03	
2	150	2	3	2	2	1	2	2	0.343576	0.655871	5.53e-04	
2	150	1	1	2	1	2	1	1	0.963771	3.62e-02	1.09e-05	
3	200	2	3	2	1	2	2	1	1.68e-02	0.966522	1.67e-02	
3	200	2	3	2	2	2	2	2	1.59e-04	0.353662	0.646180	

Tabla 6.7: Predicción del modelo.

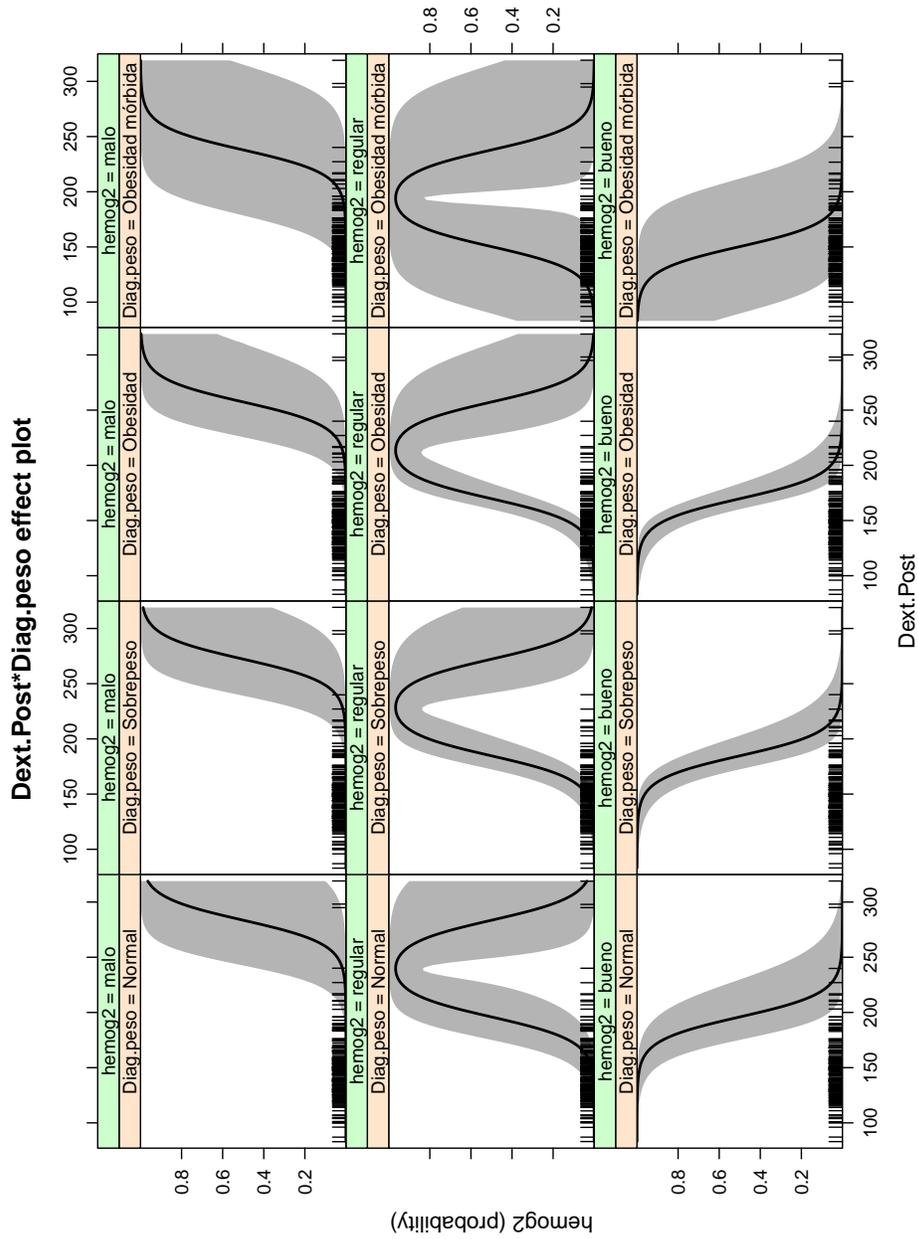


Figura 6.9: Probabilidad ajustada para dextrosa postprandial y diagnóstico de peso.

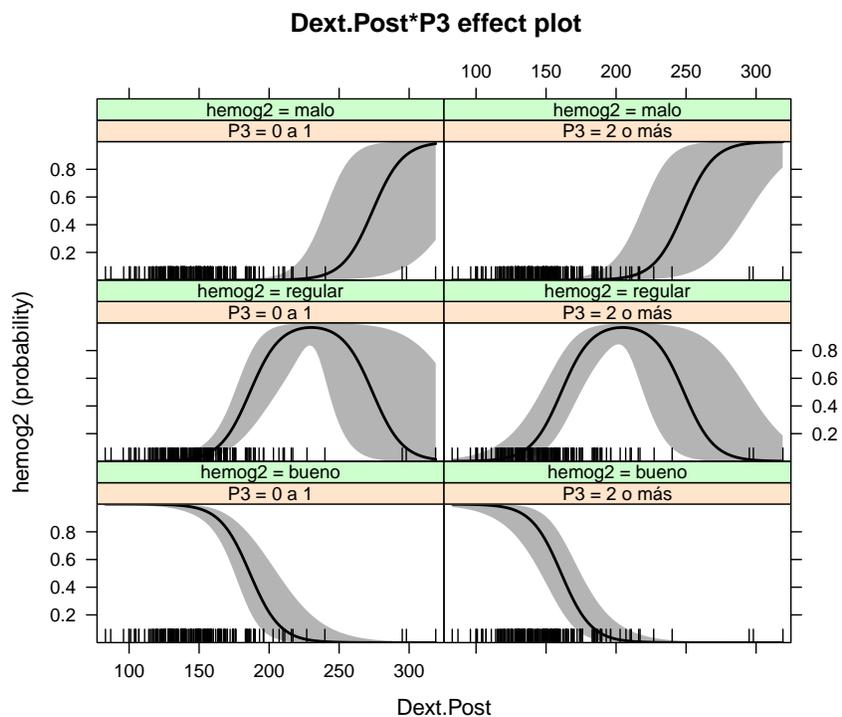


Figura 6.10: Probabilidad ajustada para dextrosa postprandial y consumo de pan.

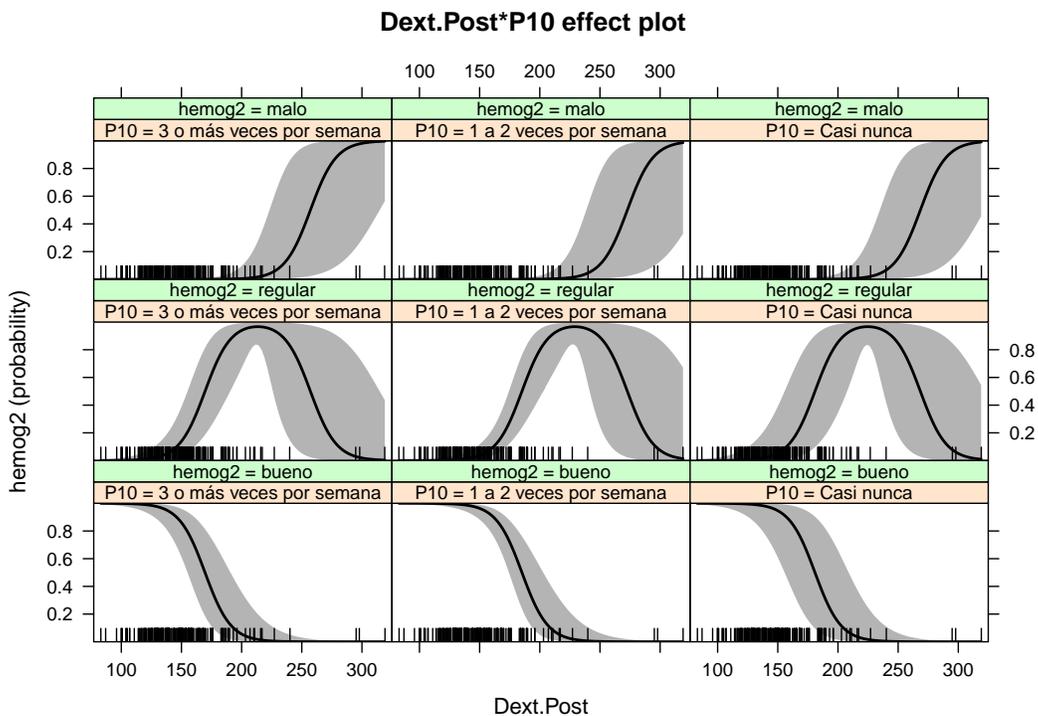


Figura 6.11: Probabilidad ajustada para dextrosa postprandial y frecuencia de actividad física.

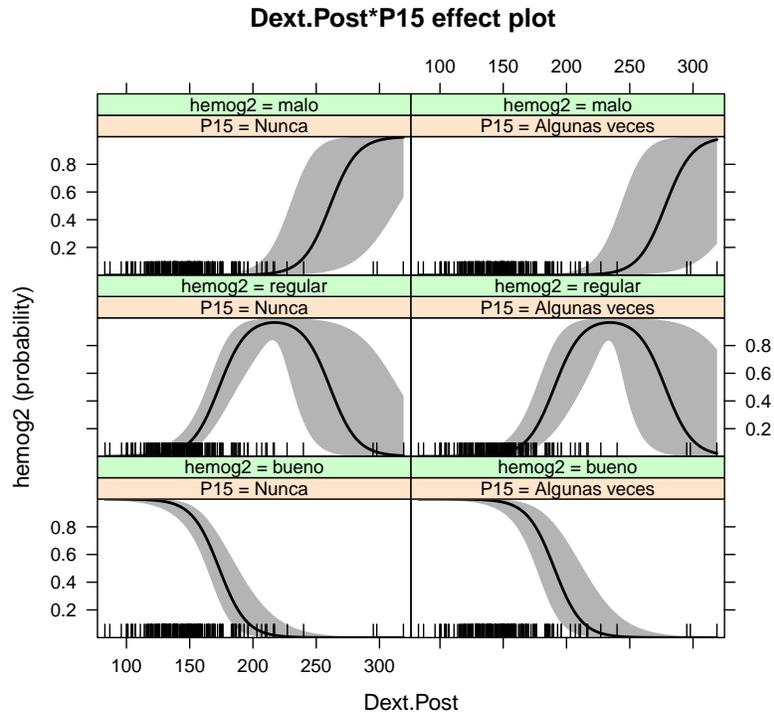


Figura 6.12: Probabilidad ajustada para dextrosa postprandial y consumo de bebidas alcohólicas.

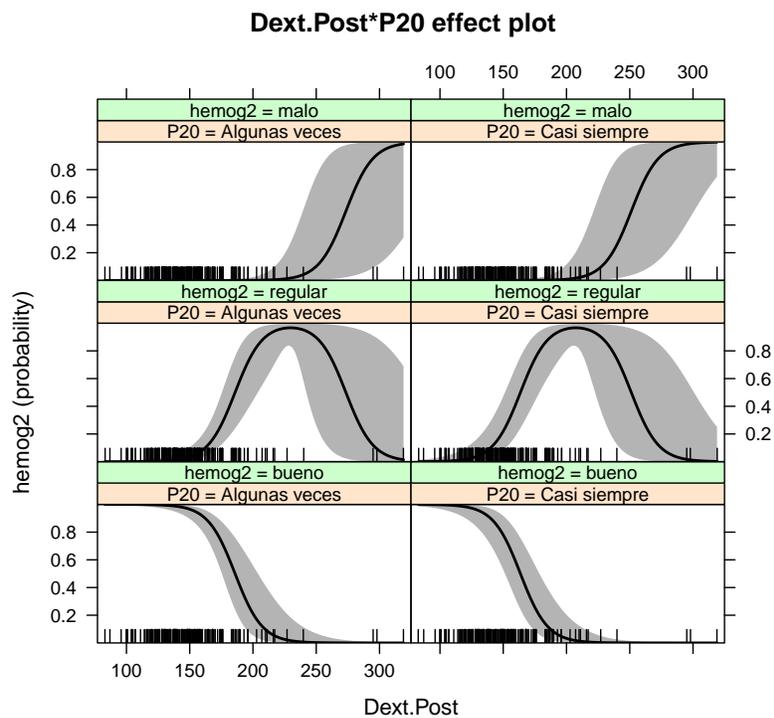


Figura 6.13: Probabilidad ajustada para dextrosa postprandial y sentimiento de tristeza.

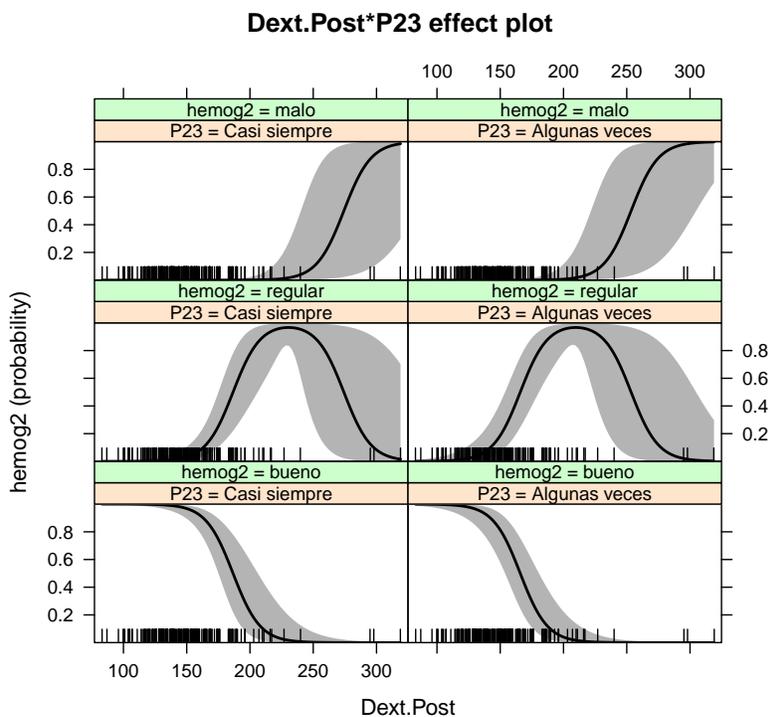


Figura 6.14: Probabilidad ajustada para dextrosa postprandial y seguir dieta especial.

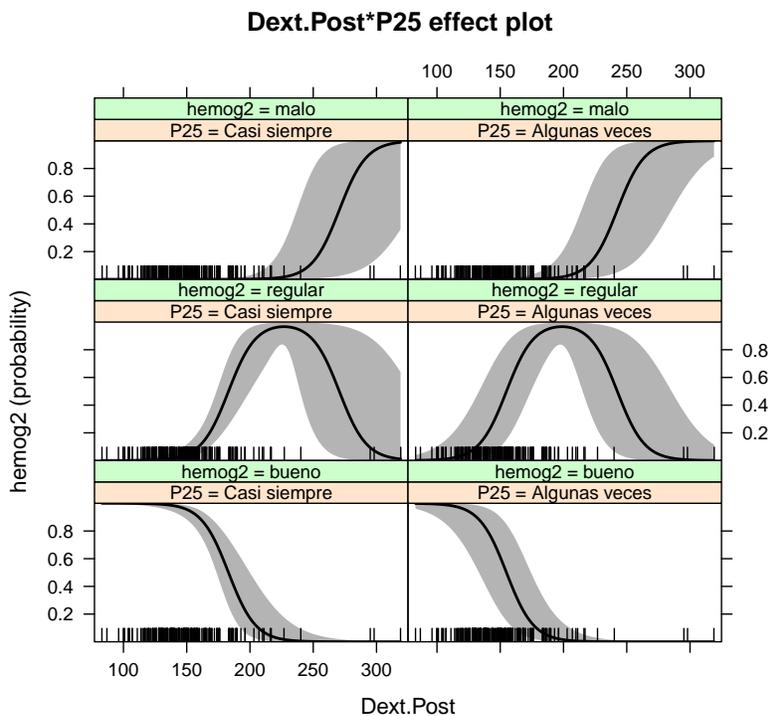


Figura 6.15: Probabilidad ajustada para dextrosa postprandial y seguir instrucciones médicas.



# Capítulo 7

## Conclusiones

A través del modelo de regresión logística ordinal propuesto se obtiene una estimación de cómo se ve afectado el control del nivel de glucosa en sangre con base en el estilo de vida del paciente diabético.

El modelo se construyó con la información obtenida de la participación de la población canalizada al módulo de atención especializada para pacientes con diabetes que han sufrido un mal control de la enfermedad durante un periodo prolongado.

Utilizando como insumo el instrumento INMEVID y el anexo biométrico, el modelo es capaz de estimar la probabilidad de presentar cada una de las categorías de control del nivel de glucosa en sangre y sugerir cuál sería la categoría que podría presentar el paciente. Esto, con la intención de facilitar al paciente la comprensión del resultado de sus exámenes de laboratorio y resaltar la importancia de tener un estilo de vida saludable.

El modelo final se conforma por ocho variables que demostraron estar asociadas y ser significativas para el modelo, el cual cumple con el supuesto de momios proporcionales, tiene un buen ajuste a los datos y cumple con las pruebas de bondad de ajuste para modelos de respuesta ordinal.

Se proponen tres tipos de pacientes con tres estilos de vida característicos y con ellos las respuestas del cuestionario INMEVID que se esperarían para cada estilo de vida asociado. Con esta nueva información se hace una predicción de la respuesta, es decir, cuál sería el control de la enfermedad. También, se estiman las probabilidades de presentar cada una de las categorías: bueno, malo y regular. Así, el paciente tiene la oportunidad de decidir ser más estricto en algunas acciones o inclusive permitirse ser más laxo con acciones que no pongan en riesgo su salud.

Como resultado importante se obtuvo que, además de las mediciones diarias de dextrosa postprandial, el factor emocional tiene un papel muy importante pues afecta de forma negativa a los pacientes con una sensación constante de tristeza. Por ello, resulta fundamental la atención psicológica y emocional como parte de un tratamiento integral.



# Apéndice A

## INMEVID

El cuestionario IMEVID está compuesto por 25 preguntas y se caracteriza por ser de autoadministración por lo que el personal de salud le proporcionó una copia a cada paciente para que lo contestara de forma independiente y honesta. Se agregó una sección llamada anexo biométrico donde se pidió al personal de salud capturar las medidas biométricas de los pacientes, incluyendo los resultados de las pruebas de laboratorio que se toman en el módulo de atención al paciente diabético. Antes de aplicar el cuestionario, se solicitó a cada uno de los pacientes leer y firmar el consentimiento informado, con el fin de dar a conocer con transparencia cuál sería la forma de utilizar la información que proporcionarían. A continuación se muestran los instrumentos utilizados para capturar la información.

### Medidas Biométricas

Nombre:	_____		
Sexo:	_____	Peso (Kg):	_____
Talla (M):	_____	Edad:	_____
Perímetro abdominal (cm):	_____	IMC:	_____
Dextrosa ayuno (mg/dL):	_____	Dextrosa postprandial:	_____
Frecuencia cardiaca:	_____	Frecuencia respiratoria:	_____
Hemoglobina glicada (HbA1c) % :	_____		

Le pedimos responder todas las preguntas

Fecha:

Nombre:

Sexo: F M

Edad: \_\_\_\_\_ años

1 ¿Con qué frecuencia come verduras?	Todos los días	Algunos días	Casi nunca
2 ¿Con qué frecuencia come frutas?	Todos los días	Algunos días	Casi nunca
3 ¿Cuántas piezas de pan come al día?	0 a 1	2	3 o más
4 ¿Cuántas tortillas come al día?	0 a 3	4 a 6	7 o más
5 ¿Agrega azúcar a sus alimentos o bebidas?	Casi nunca	Algunas veces	Frecuentemente
6 ¿Agrega sal a los alimentos cuando los está consumiendo?	Casi nunca	Algunas veces	Casi siempre
7 ¿Come alimentos entre comidas?	Casi nunca	Algunas veces	Frecuentemente
8 ¿Come alimentos fuera de casa?	Casi nunca	Algunas veces	Frecuentemente
9 ¿Cuando termina de comer la cantidad servida inicialmente, pide que le sirvan más?	Casi nunca	Algunas veces	Casi siempre
10 ¿Con qué frecuencia hace al menos 15 minutos de ejercicio? (Caminar rápido, correr o algún otro)	3 o más veces por semana	1 a 2 veces por semana	Casi nunca
11 ¿Se mantiene ocupado fuera de sus actividades habituales de trabajo?	Casi siempre	Algunas veces	Casi nunca
12 ¿Qué hace con mayor frecuencia en su tiempo libre?	Salir de casa	Trabajos en casa	Ver televisión
13 ¿Fuma?	No fumo	Algunas veces	Fumo a diario
14 ¿Cuántos cigarrillos fuma al día?	Ninguno	1 a 5	6 o más
15 ¿Consume bebidas alcohólicas?	Nunca	Rara vez	1 vez o más por semana
16 ¿Cuántas bebidas alcohólicas toma en cada ocasión?	Ninguna	1 a 2	3 o más
17 ¿A cuántas pláticas para personas con diabetes ha asistido?	4 o más	1 a 3	Ninguna
18 ¿Trata de obtener información sobre diabetes?	Casi siempre	Algunas veces	Casi nunca
19 ¿Se enoja con facilidad?	Casi nunca	Algunas veces	Casi siempre
20 ¿Se siente triste?	Casi nunca	Algunas veces	Casi siempre
21 ¿Tiene pensamientos pesimistas sobre el futuro?	Casi nunca	Algunas veces	Casi siempre
22 ¿Hace su máximo esfuerzo para tener controlada su diabetes?	Casi siempre	Algunas veces	Casi nunca
23 ¿Sigue dieta para diabético?	Casi siempre	Algunas veces	Casi nunca
24 ¿Olvida tomar sus medicamentos para la diabetes o aplicarse su insulina?	Casi nunca	Algunas veces	Frecuentemente
25 ¿Sigue las instrucciones médicas que se le indican para su cuidado?	Casi siempre	Algunas veces	Casi nunca

Gracias por sus respuestas

Instrumento para Medir el Estilo de Vida en Diabéticos

## CONSENTIMIENTO INFORMADO PARA PARTICIPAR EN UN ESTUDIO DE INVESTIGACIÓN ESTADÍSTICA

Título provisional del protocolo: Estudio para estimar la asociación entre la hemoglobina glucosilada y el estilo de vida del paciente diabético de la Clínica de Medicina Familiar Dr. Ignacio Chávez mediante un modelo de regresión ordinal

Investigador principal: Mariana Suelem Luna Pareja

Sede donde se realizará el estudio: Clínica de Medicina Familiar Dr. Ignacio Chávez

Nombre del paciente: \_\_\_\_\_

A usted se le está invitando a participar en este estudio de investigación. Antes de decidir si participa o no, debe conocer y comprender cada uno de los siguientes apartados. Este proceso se conoce como consentimiento informado. Siéntase con absoluta libertad para preguntar sobre cualquier aspecto que le ayude a aclarar sus dudas al respecto.

Una vez que haya comprendido el estudio y si usted desea participar, entonces se le pedirá que firme esta forma de consentimiento.

### JUSTIFICACIÓN DEL ESTUDIO.

Es necesario reforzar los programas cuyo fin es mejorar el estilo de vida del paciente diabético, colaborando con la atención física y psicológica del paciente, para tener un mayor aprovechamiento de los servicios de los que gozan los derechohabientes. Mediante este estudio se busca conocer las áreas de atención a reforzar.

### OBJETIVO DEL ESTUDIO

A usted se le está invitando a participar en un estudio de investigación que tiene como objetivos:

Conocer el estilo de vida en el paciente y analizar mediante modelos estadísticos cómo éste afecta su nivel de hemoglobina glucosilada.

### BENEFICIOS DEL ESTUDIO

Mejorar el estilo de vida así como conocer que áreas es necesario poner especial atención para ayudar al tratamiento y control de su diabetes.

### PROCEDIMIENTOS DEL ESTUDIO

En caso de aceptar participar en el estudio se le aplicara el cuestionario IMEVID (Instrumento para Medir el Estilo de Vida en Diabéticos)

### RIESGOS ASOCIADOS CON EL ESTUDIO

(De acuerdo a la Ley General de Salud este estudio no representa riesgo alguno para el paciente).

### ACLARACIONES

- Su decisión de participar en el estudio es completamente voluntaria.
- No habrá ninguna consecuencia desfavorable para usted, en caso de no aceptar la invitación.
- Si decide participar en el estudio puede retirarse en el momento que lo desee, -aun cuando el investigador responsable no se lo solicite-, informando las razones de su decisión, la cual será respetada en su integridad.
- No tendrá que hacer gasto alguno durante el estudio.
- No recibirá pago por su participación.
- En el transcurso del estudio usted podrá solicitar información actualizada sobre el mismo, al investigador responsable.
- La información obtenida en este estudio, utilizada para la identificación de cada paciente, será mantenida con estricta confidencialidad por el investigador.
- Si considera que no hay dudas ni preguntas acerca de su participación, puede, si así lo desea, firmar la Carta de Consentimiento Informado anexa a este documento.

## CARTA DE CONSENTIMIENTO INFORMADO

Yo, \_\_\_\_\_ estoy dispuesto(a) a participar en la investigación cuyo título provisional es “Estudio para estimar la asociación entre la hemoglobina glucosilada y el estilo de vida del paciente diabético de la Clínica de Medicina Familiar Dr. Ignacio Chávez mediante un modelo de regresión ordinal”. Toda vez que he comprendido la información anterior y mis preguntas han sido respondidas de manera satisfactoria. Convengo en participar en este estudio de investigación.

Firma del participante

Fecha

Testigo

Fecha

Esta parte debe ser completada por el Investigador (o su representante):

He explicado al Sr(a). \_\_\_\_\_ la naturaleza y los propósitos de la investigación; He contestado a las preguntas en la medida de lo posible y he preguntado si tiene alguna duda. Acepto que he leído y conozco la normatividad correspondiente para realizar investigación con seres humanos y me apego a ella.

Firma del investigador

Fecha

CARTA DE REVOCACIÓN DEL CONSENTIMIENTO

Título del protocolo:

\_\_\_\_\_

Investigador principal: \_\_\_\_\_

Sede donde se realizará el estudio: \_\_\_\_\_

Nombre del participante: \_\_\_\_\_

Por este conducto deseo informar mi decisión de retirarme de este protocolo de investigación por las siguientes razones:

\_\_\_\_\_.

Firma del participante o del padre o tutor Fecha

Testigo Fecha

Testigo Fecha

Derechos Reservados, Facultad de Ciencias, 2014



# Apéndice B

## Descripción de las variables significativas

### B.1. Diagnóstico de Peso

El diagnóstico de peso se obtiene de la categorización del Índice de Masa Corporal (IMC), la OMS indica que el diagnóstico será peso:

$$\text{Diagnóstico IMC} = \begin{cases} \textit{Bajo} & \textit{si} & \textit{IMC} \leq 18,5 \\ \textit{Normal} & \textit{si} & 18 < \textit{IMC} \leq 24,9 \\ \textit{Sobrepeso} & \textit{si} & 24,9 < \textit{IMC} \leq 29,9 \\ \textit{Obesidad} & \textit{si} & 29,9 < \textit{IMC} \leq 40 \\ \textit{Obesidad mórbida} & \textit{si} & 40 < \textit{IMC} \end{cases}$$

$$\text{Donde } \textit{IMC} = \frac{\textit{Peso}}{\textit{Talla}^2}$$

El IMC como parte de las variables explicativas es un buen resumen de las medidas biométricas pues solo con un cambio importante del peso el paciente cambiaría de categoría, por lo que pequeños cambios en el peso no generan alteraciones en el modelo.

El diagnóstico de peso facilita a los pacientes la interpretación del IMC, para identificar su condición y elegir las medidas a tomar en su tratamiento.

Un paciente diabético con sobrepeso u obesidad es propenso a desarrollar complicaciones de la enfermedad, padecer síndrome metabólico y a acortar la esperanza de vida. Por ello es necesaria la prevención del desarrollo de las complicaciones, manteniendo un peso saludable.

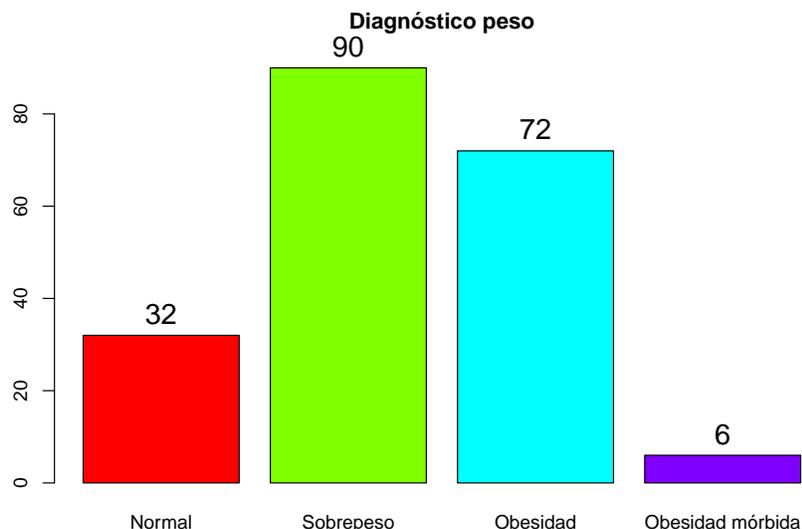


Figura B.1: Diagnóstico del IMC de los pacientes del módulo.

Los pacientes que han sido constantes en el tratamiento y han logrado controlar el nivel de glucosa en sangre también han alcanzado un buen control de peso, sin embargo, aún son muchos los pacientes que presentan obesidad y sobrepeso (Figura B.1).

Si se realiza el análisis para cada grupo de control de glucosa, Figura B.2, se encuentra una proporción mayor de pacientes con sobrepeso y obesidad en pacientes con un control regular y malo.

El 16 % de la población total del módulo ha logrado un buen control de su IMC, el 45 % se encuentra con sobrepeso, 36 % con obesidad y el 3 % con obesidad mórbida siendo los más propensos a presentar complicaciones graves.

Los pacientes que tienen un buen control de sus niveles de glucosa en sangre se encuentran distribuidos por las diferentes categorías del diagnóstico de peso, 18 % tiene un IMC normal, 46 % presenta sobrepeso, 35 % padece obesidad y 1 % obesidad mórbida. Es importante resaltar que este grupo de personas se encuentran en diferentes etapas del proceso de control por lo que se espera que aquellos pacientes que continúen en el módulo lograrán alcanzar un buen IMC.

Los pacientes con un control regular se encuentran distribuidos en el diagnóstico de peso con una mayor frecuencia en categorías de un mal control de peso. Los pacientes con un peso normal representan el 11 %, 44 % presentan sobrepeso, 36 % padecen obesidad y 8 % obesidad mórbida.

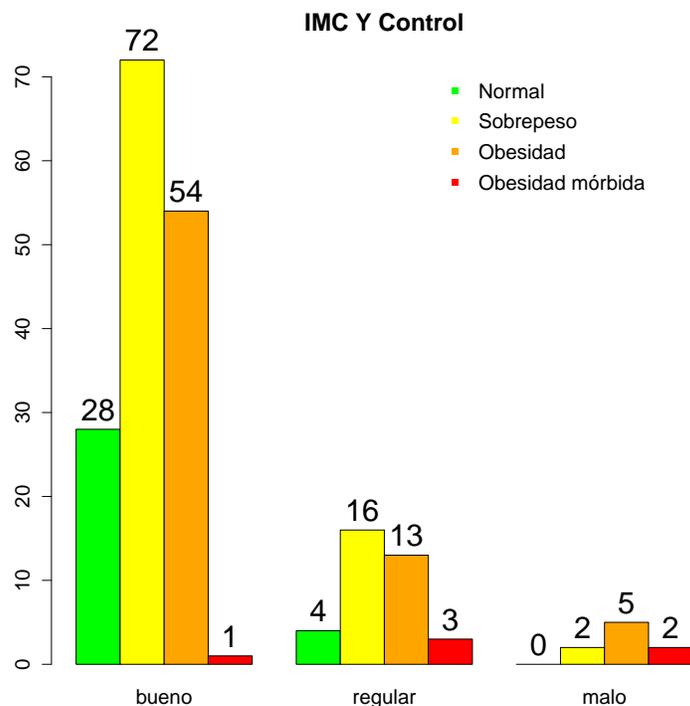


Figura B.2: Diagnóstico de IMC en cada categoría de control de nivel de glucosa.

El cambio se aprecia de forma clara en los pacientes con un mal control de los niveles de glucosa, el 22 % presenta sobrepeso, el 56 % padece obesidad, 22 % obesidad mórbida y ninguno de ellos presenta un IMC normal. Un paciente con un IMC alto se presenta cuando el peso es excesivo para su talla, la obesidad mórbida por sí sola es origen de enfermedades que pueden afectar el sistema cardiovascular y renal, en conjunto con la diabetes será mayor la probabilidad de desarrollar las complicaciones y que el ritmo de avance de éstas sea alarmante o irreversible.

Bajo estas condiciones se asocia de forma lógica la obesidad mórbida con un mal control del nivel de glucosa. Esta asociación se confirma de forma gráfica mediante el mosaico de asociación (Figura B.3) donde se muestran fuertemente asociados con un valor entre 2 y 4 de los residuos estandarizados de la regresión logística ordinal ajustada en la sección 6.2.

Esta asociación tiene sentido pues un paciente con obesidad mórbida seguramente tendrá un nivel de glucosa en sangre muy alto. Mientras que un paciente que se encuentre trabajando en cambiar su peso seguramente tendrá una mejora significativa en el nivel de glucosa en sangre.

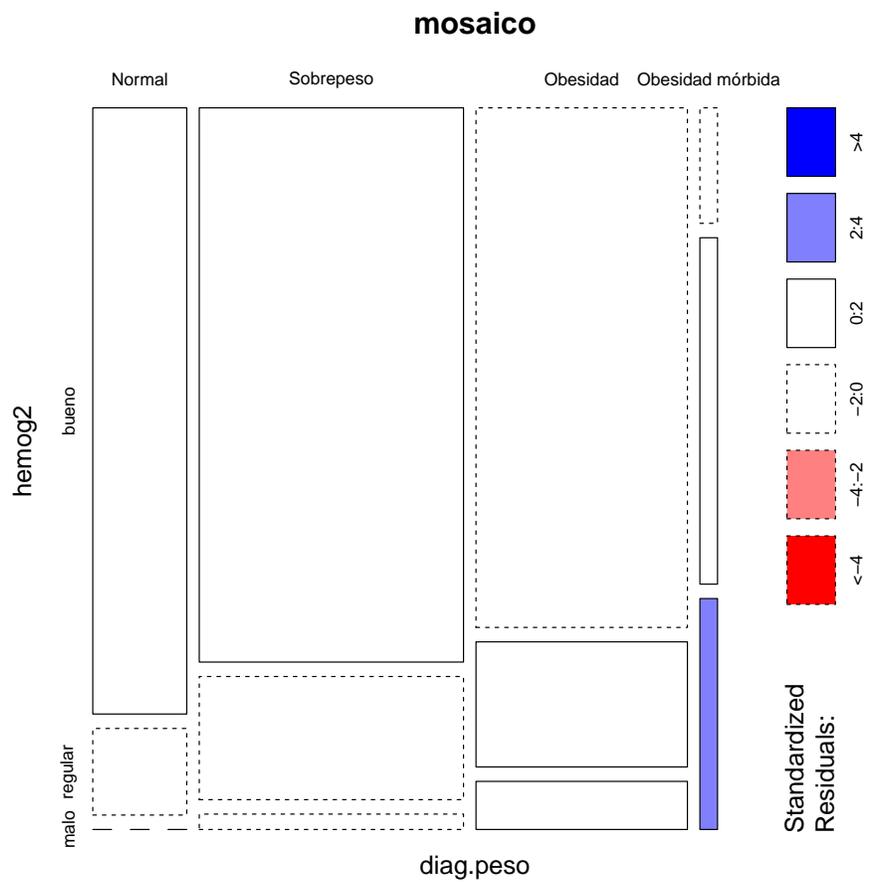


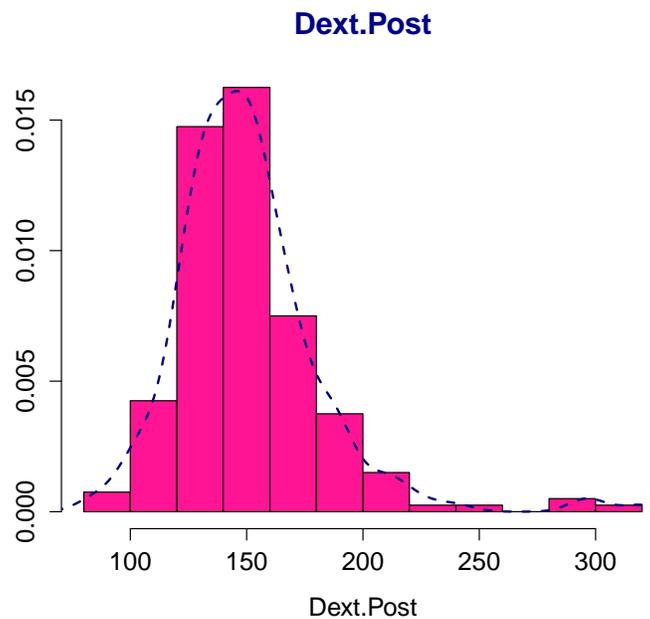
Figura B.3: Mosaico de asociación entre categoría de IMC y control de nivel de glucosa.

## B.2. Dextrosa postprandial

Una prueba rápida de glucosa o dextrosa se realiza con un glucómetro, sirve para conocer el nivel de concentración del monosacárido después de haber ingerido alimentos (dextrosa postprandial). En un paciente sano rara vez se eleva el nivel de glucosa después de aproximadamente dos horas de haber ingerido alimentos, sin embargo, en el paciente diabético el cambio se observa en cantidades importantes. Esta prueba rápida también es útil para el paciente permitiéndole llevar un monitoreo constante del nivel de glucosa, es menos invasivo y no se requiere de análisis en laboratorio para conocer su resultado. Actualmente en el mercado existe gran diversidad de glucómetros, aparatos de medición que facilitan a los pacientes el monitoreo de los niveles diarios de dextrosa.

Para facilitar la interpretación de los niveles de glucosa que reporta un glucómetro, en una medición postprandial, se categorizan de la siguiente manera.

Valores menores a  $140\text{mg/dL}$  se consideran normales, entre  $140$  y  $199\text{mg/dL}$  se considera tolerancia alterada de la glucosa, incrementa el riesgo de presentar prediabetes mientras que más de  $200\text{mg/dL}$  casi siempre se asocia de forma directa con el diagnóstico de diabetes.



Min.	1st Qu.	Median	Mean	3rd Qu.	Max.
83	130.8	148	150.6	164.2	319

Figura B.4: Distribución de los niveles de dextrosa postprandial en los pacientes del estudio.

Los valores obtenidos de la prueba rápida de dextrosa postprandial se encuentran

en promedio en el rango adecuado, la media está ligeramente por encima de los valores normales y la frecuencia de los pacientes con valores altos es menor, sin embargo, presentan niveles muy altos en la medición (Figura B.4).

Este valor no puede ser tomado como insumo único en el control del paciente pues sólo refleja el nivel de glucosa momentáneo del paciente por lo que se utiliza como auxiliar, la muestra se toma en el día de la consulta del paciente y se compara con los resultados de la HbA1c para ajustar el tratamiento si es necesario. En este sentido los valores significativos que mostraron las pruebas de asociación son coherentes.

Con la prueba rápida de dextrosa postprandial si un paciente obtiene valores adecuados puede deberse a varios factores como la modificación parcial y reciente de acciones que harían parecer que ha alcanzado un buen control de la diabetes. Sin embargo, al compararlo con el resultado de la HbA1c se comprueba o rechaza el diagnóstico de buen control pues esta prueba refleja el comportamiento de dos o tres meses, logrando un buen control sólo a través de la modificación de hábitos. En la Figura B.5 se muestra esta comparación donde se aprecia una tendencia creciente en los datos, para valores crecientes de dextrosa postprandial se tienen valores crecientes en la prueba HbA1c. Aún así hay algunas observaciones que presentan un valores bajos de dextrosa postprandial pero obtienen valores mayores a 7% en la prueba HbA1c, las cuales ejemplifican la susceptibilidad de la prueba a cambios momentáneos.

En la Figura B.6 se muestran los valores de la prueba con glucómetro y en función de ellos se muestra la categoría a la que pertenece cada sujeto en el estudio, después de haber categorizado los valores de la prueba HbA1c. Esta gráfica hace evidente la razón de no tomar las medidas de glucómetro como único elemento en el diagnóstico y tratamiento.

Aunque la mayoría de los pacientes han alcanzado un buen control de sus niveles de glucosa, tienen una tolerancia poco adecuada después de ingerir alimentos, alcanzando niveles iguales a los que tienen los pacientes con un control regular, enmarcados en color amarillo.

Los pacientes en la categoría dos presentan los valores esperados para pacientes con prediabetes y diabetes por lo que es congruente con el resultado de su diagnóstico de HbA1c de un control regular, sin embargo, algunos presentan valores muy altos en la prueba rápida con glucómetro, mostrados con color rojo.

Aunque se esperan valores altos para los pacientes de la tercer categoría, de un mal control, aún así los valores alcanzados en la prueba postprandial son extremadamente altos por lo que estos pacientes son prioridad para los médicos por el alto riesgo de presentar las complicaciones de la enfermedad. Como se compara el nivel de glucosa de ese día y el de unos meses anteriores, el resultado muestra que estos pacientes han estado expuestos a grandes cantidades de glucosa en sangre por un periodo prolongado por lo que seguramente fueron referidos al módulo de atención especial.

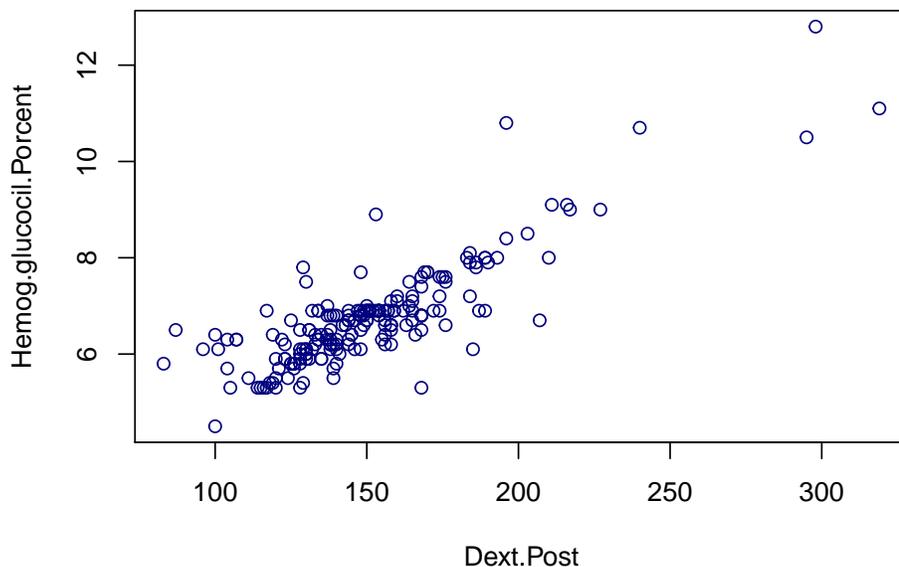


Figura B.5: Valores de dextrosa postprandial y de HbA1c en porcentaje.

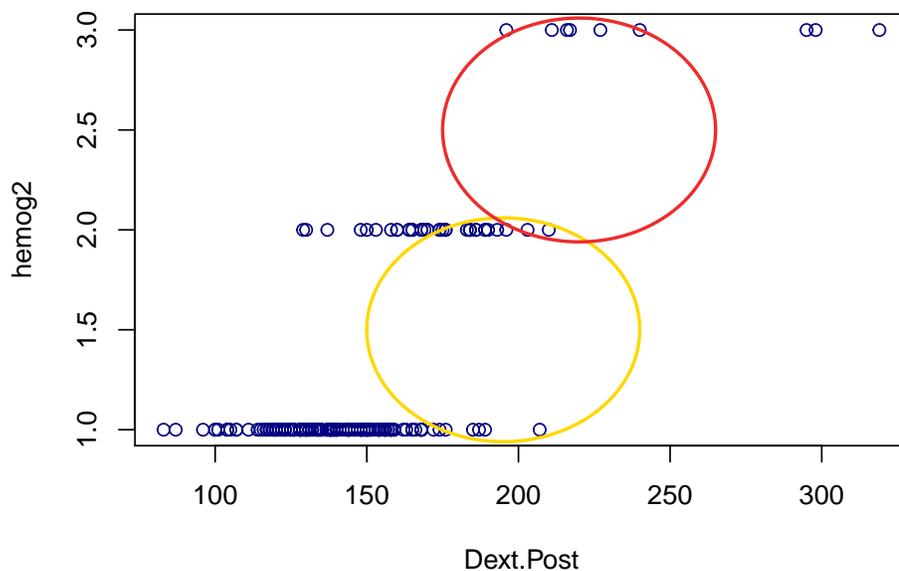


Figura B.6: Valores de dextrosa postprandial y categorías de control de nivel de glucosa.

### B.3. P3 ¿Cuántas piezas de pan come al día?

Un factor fundamental en el control de la diabetes es la alimentación. Los alimentos se transforman en energía necesaria para el funcionamiento del cuerpo, sin embargo, algunos alimentos elevan el nivel de glucosa más rápido que otros, los alimentos que contienen carbohidratos se encuentran en este grupo.

El índice glucémico ayudar a clasificar los alimentos según la velocidad con la que elevan la glucosa en sangre. El índice se obtiene comparando los valores de glucosa en sangre cada quince minutos después de ingerir una cantidad específica de determinado alimento y es comparado con el nivel de glucosa en sangre que se alcanzan al ingerir la misma cantidad en forma de glucosa.

Según el valor del índice glucémico (I.G.) de un alimento se estima la velocidad con la que aumenta el nivel de glucosa:

$$VAIG = \begin{cases} Elevada & \text{si } 70 \leq IG \\ Moderada & \text{si } 50 < IG \leq 70 \\ Baja & \text{si } IG \leq 50 \end{cases}$$

Donde  $VAIG = \text{velocidad con la que aumenta el } IG$

En específico, el pan tiene un índice glucémico de 70, independientemente del tipo, ya sea blanco, integral, de centeno, de trigo, de hamburguesa, Frankfurt o de molde[18]. Conocer el I.G. de los alimentos que se consumen y fijar un límite máximo de consumo puede ayudar a mantener el nivel de glucosa dentro de los límites adecuados, es por eso que los nutriólogos del módulo de atención al diabético recomiendan ingerir una pieza de pan al día. El 75 % de los pacientes declaran comer la cantidad indicada, Figura B.7.

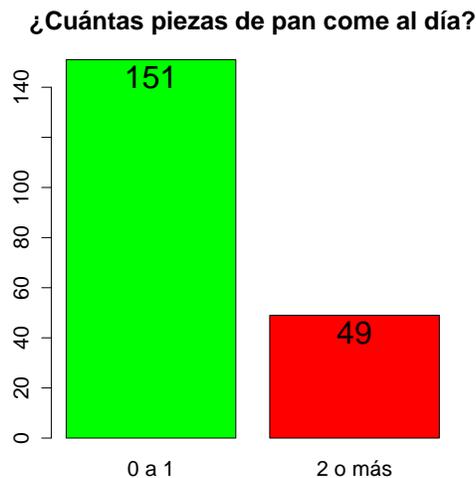


Figura B.7: Piezas de pan que consumen los pacientes del módulo.

El INMEVID no hace referencia a un tipo de pan específico y dado que los carbohidratos se encuentran en grandes cantidades en la dieta mexicana, se pidió a los pacientes considerar el consumo de piezas de pan dulce, pastelería y galletería dentro de esta pregunta por la naturalidad con la que se integran en la dieta diaria.

Los resultados de la frecuencia asociada a cada nivel de control del nivel de glucosa en sangre se agrupan con una tendencia clara, apreciables en la Figura B.8. Los pacientes que han alcanzado un buen control de la diabetes son los que consumen la menor cantidad de pan, el 98% reporta consumir como máximo una pieza de pan al día mientras que el 2% consume más de dos piezas. Quienes tienen un control regular de diabetes tienden a consumir una cantidad mayor de estos carbohidratos, el 64% consume más de dos piezas por día mientras que el 36% procura no consumirlos.

El grupo de pacientes que tienen un mal control es el que consume la mayor cantidad de carbohidratos, el 100% de ellos reportó consumir más de dos piezas de pan, pasteles o galletas en un día. Dado que estos alimentos aumentan en gran cantidad y de forma rápida el nivel de glucosa en sangre, el consumo constante de estos alimentos afecta los valores de HbA1c.

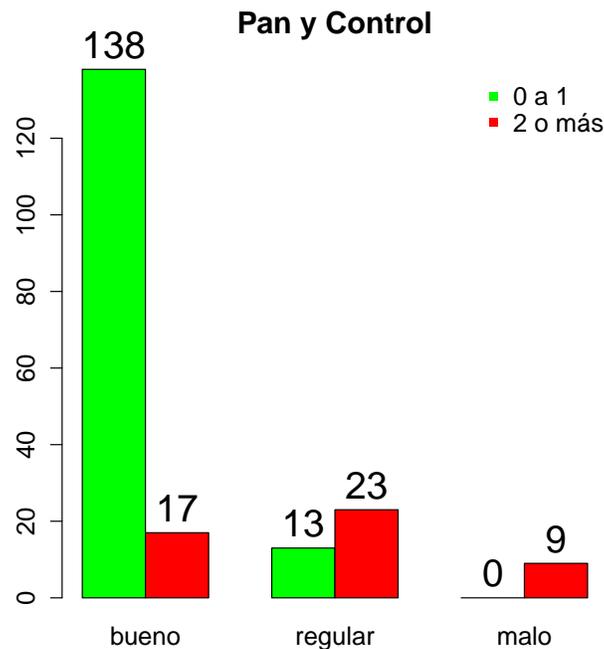


Figura B.8: Frecuencia de consumo de pan en cada grupo de control de nivel de glucosa.

Si las piezas de pan, pastelería y galletería se encuentran en el grupo de alimentos que elevan más rápido el nivel de glucosa en sangre, se esperaría una fuerte asociación con los valores que se obtienen de la prueba de HbA1c pues ambas variables consideran

acciones que forman parte de los hábitos que caracterizan el estilo de vida. Si un paciente acostumbra consumir grandes cantidades de pan seguramente su nivel de glucosa será más alto a lo largo del tiempo.

Esta asociación se puede observar en el mosaico de la Figura B.9 donde comer más de dos piezas de pan se asocia fuertemente con un control malo y regular del nivel de glucosa.

Esta misma categoría se asocia de forma negativa con un buen control. Consumir a lo más una pieza por día se asocia negativamente con un control regular pero no hay una asociación aparente entre no consumir pan y un buen control.

La interpretación del mosaico sugiere que el no consumir estos carbohidratos no asegura alcanzar un buen control del nivel de glucosa pero el consumirlos y en especial consumir grandes cantidades seguramente hará que el nivel de la HbA1c se eleve causando un descontrol de la enfermedad.

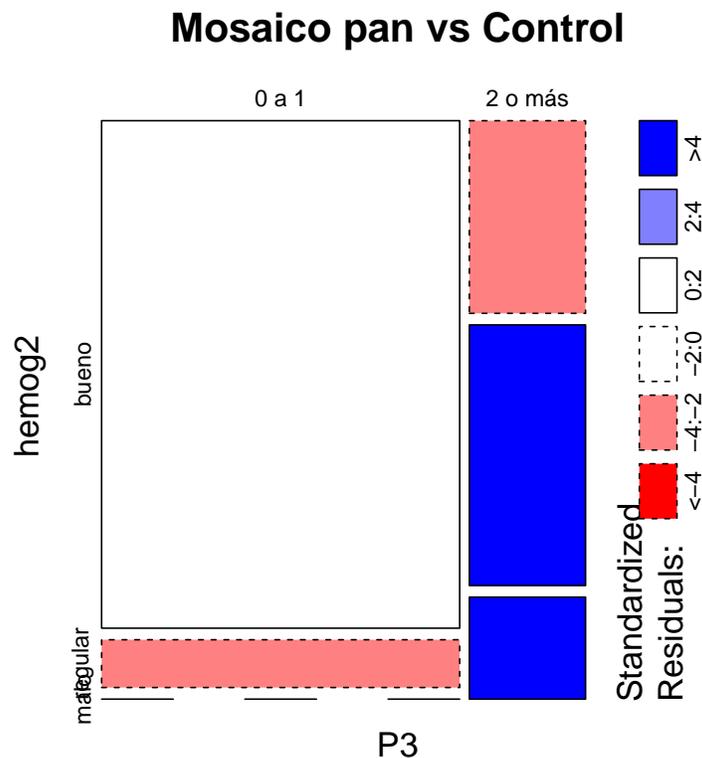


Figura B.9: Mosaico de asociación entre la cantidad de piezas de pan y control de nivel de glucosa.

## B.4. P10 ¿Con qué frecuencia hace ejercicio?

Realizar ejercicio es parte fundamental de un estilo de vida saludable, mantiene al organismo en condiciones adecuadas, mejora el estado físico, mental y emocional de todas las personas que realizan alguna actividad física.

La actividad física habitual genera cambios saludables, actúa en músculos, articulaciones y huesos.

- Aumenta la flexibilidad, la velocidad y la fuerza de contracción muscular.
- Mejora movimiento articular.
- Favorece la prevención de la osteoporosis.
- Optimiza la función del corazón, arterias y pulmones.
- Mejora la tensión arterial, previene padecimientos cardiovasculares.
- Fortalece los músculos respiratorios mejorando la oxigenación del organismo.
- Favorece el metabolismo de grasas y glucosa.
- Reduce el colesterol y los triglicéridos.
- Aumenta el gasto calórico y ayuda a mantener el peso adecuado.
- Produce la sensación de bienestar.

Son muchos los beneficios de realizar actividades físicas en particular para los pacientes diabéticos pues el ejercicio favorece el consumo de glucosa por los músculos, aumenta la sensibilidad a la insulina provocando que las células utilicen la glucosa disponible y la utilicen como fuente de energía, como consecuencia disminuye el uso de insulina como tratamiento.

Entonces, durante el ejercicio el cuerpo tiende a utilizar más glucosa, disminuyendo el nivel de glucosa, si se realiza ejercicio de forma habitual por el tiempo adecuado entonces es posible disminuir el valor de la HbA1c.

Aunque los beneficios que ofrece el realizar ejercicio de forma regular parecen atractivos es necesario que el paciente diabético tenga especial cuidado en la forma, cantidad e intensidad con que lo realiza, siempre asistido por la indicación del médico tratante. En la mayoría de los casos se tiene un paciente sedentario, quien debe comenzar con actividades de baja intensidad para evitar lesiones y descompensaciones. Aunque no se trate de un paciente con poca movilidad es necesario tener especial cuidado pues el consumo de energía podría desencadenar hipoglucemias, insuficiencias cardíacas o lesiones a los músculos y articulaciones. Es por estas razones que los pacientes del módulo de atención son canalizados al módulo de activación física donde, además de ser valorados

por un médico del deporte, reciben una rutina personalizada.

La cantidad de ejercicio recomendada es de 30 minutos consecutivos, como mínimo 5 veces por semana. Si el paciente no tiene una buena condición física se recomienda comenzar con tres sesiones por semana, cada una de 10 minutos al día y aumentar 5 minutos cada semana. Siempre teniendo especial cuidado en el nivel de glucosa, tensión arterial y cuidado de los pies para evitar ampollas y ulceraciones.

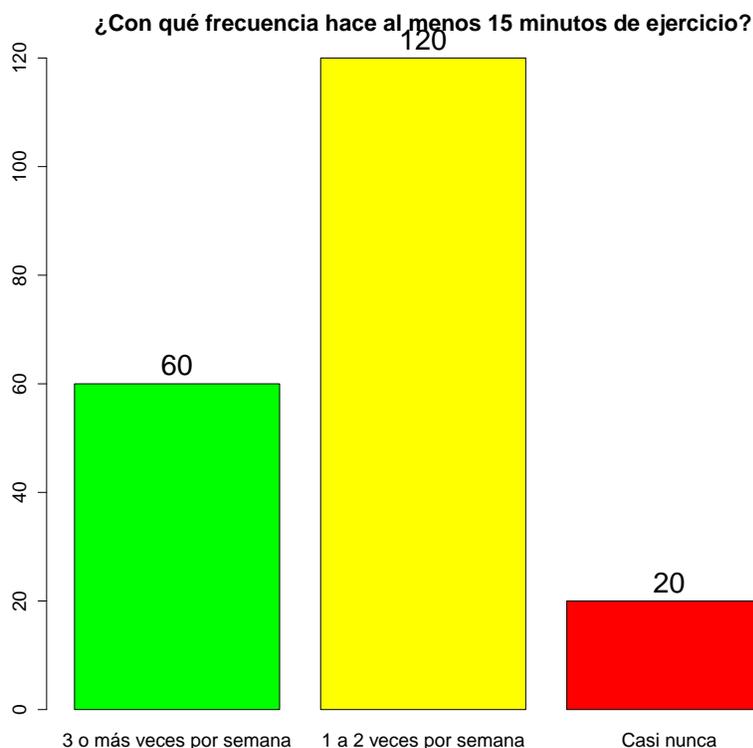


Figura B.10: Frecuencia de actividad física realizada por los pacientes.

Los pacientes del módulo de atención especializada reportaron que realizan poca actividad física, sólo 60 pacientes (30 %) realizan la cantidad mínima recomendada de ejercicio, aunque si se trata de pacientes con obesidad y sobrepeso esta frecuencia representa un gran cambio en los hábitos. Son 120 los pacientes que realizan una actividad moderada (60 %) pero la frecuencia de la actividad no es suficiente. El resto, (10 %) no realiza actividad física lo que es un factor determinante en el control de sus niveles de glucosa y en el desarrollo de las consecuencias de la enfermedad, Figura B.10.

Cuando se realiza un análisis para cada uno de los grupos de control de glucosa se puede evidenciar cómo el ejercicio tiene un papel determinante en la evolución y control de la diabetes. Aunque la intensidad con que se realiza el ejercicio será incrementada poco a poco es claro que la frecuencia con que se realiza influye positivamente en los

pacientes, Figura B.11.

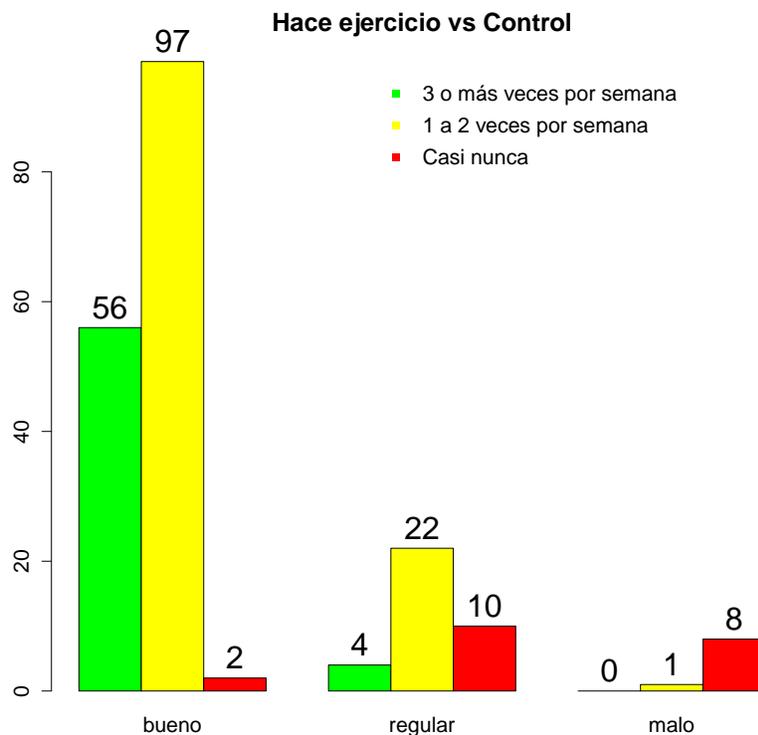


Figura B.11: Frecuencia de actividad física de acuerdo con el control del nivel de glucosa.

Solamente del grupo de personas que tienen un buen control, el 36 % realiza ejercicio tres o más veces por semana, el 63 % realiza una a dos veces por semana la actividad mientras que solamente el 1 % realiza actividad física muy pocas veces o casi nunca. Cabe mencionar que de todos los pacientes que reportaron realizar la cantidad recomendada de ejercicio casi el total se encuentra diagnosticado con un buen control del nivel de glucosa.

Dentro del grupo de personas que tienen un control regular de sus niveles de glucosa solamente el 11 % realiza actividad física tres o más veces por semana, el 61 % realiza ejercicio una a dos veces por semana mientras que el 28 % casi nunca realiza actividad física. En este grupo la actividad física es menor por lo que el control del nivel de glucosa no recibe los beneficios mencionados, aunque más de la mitad de los pacientes de este grupo reportan realizar ejercicio es necesario motivar e incentivar la actividad para que logren alcanzar el control deseado y como medida preventiva de las enfermedades que desencadena con mayor rapidez la diabetes y el sedentarismo.

En el grupo de pacientes que tienen un mal control del nivel de glucosa se evidencia la necesidad de permanecer activo, ninguno de los pacientes de este grupo realiza ejer-

cicio tres veces por semana, sólo el 11 % reporta realizar actividad física una a dos veces por semana aunque este porcentaje representa a una persona del grupo de mal control de diabetes. El 89 % declaró que casi nunca realizan actividades físicas, mostrando que además de los otros factores involucrados en el tratamiento requieren una participación urgente en los módulos de activación física. Además de ayudar a controlar el nivel de glucosa, realizar ejercicio tendrá beneficios físicos y psicológicos que son importantes en este grupo que puede ser el más vulnerable.

Realizar ejercicio de manera habitual tiene efectos beneficiosos, quien lo realiza modifica su estilo de vida y su aspecto físico. La persona que se inicia en algún deporte deja con facilidad el tabaco, pierde peso y sigue con más facilidad una dieta saludable; aumenta la producción de endorfinas y encefalinas, en principio para compensar las molestias musculares y articulares que desencadena la propia actividad física, pero el efecto colateral de estas hormonas es proporcionar al practicante una percepción de bienestar y de alegría, lo que permite que quienes practican un deporte tengan una mejor actitud ante los problemas de la vida y una mayor resistencia a la frustración y a la ansiedad [19].

El impacto de realizar actividad física se aprecia visualmente en la Figura B.12 donde se ve una fuerte asociación entre un mal control del nivel de glucosa y una vida sedentaria. La falta de actividad física se asocia negativamente con un buen control, se asocia de forma positiva con un control regular y fuertemente con un mal control.

Por otra parte realizar ejercicio pocas veces muestra una muy débil asociación positiva con un buen control, lo que tiene relación con la necesidad de ser constante en la actividad para obtener los beneficios. Finalmente, realizar actividad física más de tres veces por semana se asocia negativamente con un control malo y regular, entonces a mayor frecuencia de actividad física será menor la presencia de un mal control del nivel de glucosa.

Entonces la actividad física de forma habitual y en ritmo adecuado será un factor determinante en lograr un buen control en los pacientes diabéticos además de facilitar el tratamiento en los otros factores al ayudar a la pérdida de peso, fomentar buenos hábitos alimenticios y reducir la sensación de tristeza y depresión. Además de estos beneficios específicamente para el paciente diabético ayudan a prevenir y minimizar las enfermedades que desencadena la diabetes, previniendo enfermedades cardíacas, favoreciendo la circulación sanguínea y el aprovechamiento de la glucosa como energía.

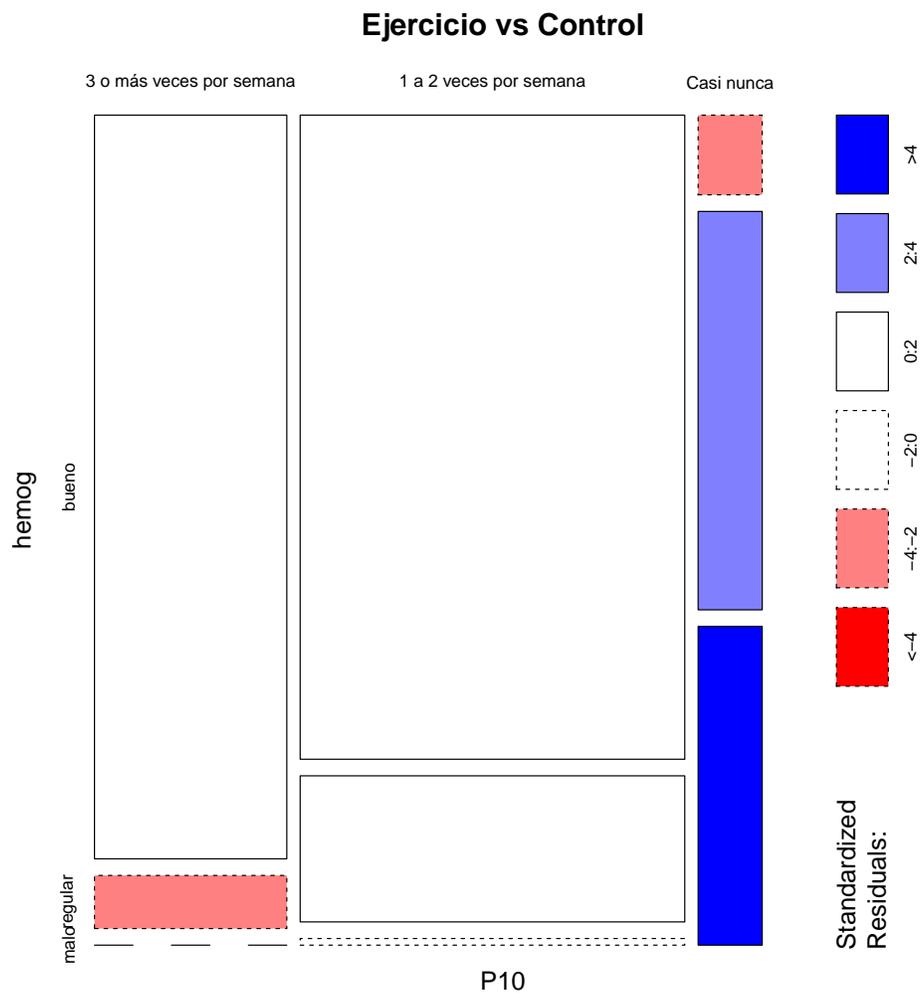


Figura B.12: Mosaico de asociación entre la frecuencia con la que realiza ejercicio y control de nivel de glucosa.

## B.5. P15 ¿Consume bebidas alcohólicas?

El consumo de bebidas alcohólicas en la actualidad es socialmente aceptado en la mayoría de los países, se ha integrado como miembro habitual de celebraciones y reuniones de todo tipo pero la dependencia y el consumo excesivo de estas bebidas tienen consecuencias negativas relacionadas con sus propiedades.

Además de la dependencia que genera en consumidores habituales, ingerir fuertes cantidades puede provocar enfermedades crónicas en varios órganos del cuerpo humano como cirrosis, pancreatitis, esofagitis, úlceras gástricas, entre otras. También, el abuso del alcohol es el principal causante de una creciente tasa de mortalidad por accidentes de tránsito. En el aspecto fisiológico, cuando se consumen bebidas alcohólicas el hígado es el órgano encargado de absorberlo y metabolizarlo, entorpeciendo la transformación del glucógeno en glucosa. Así, se genera un descenso rápido del nivel de glucosa conocido como hipoglucemia.

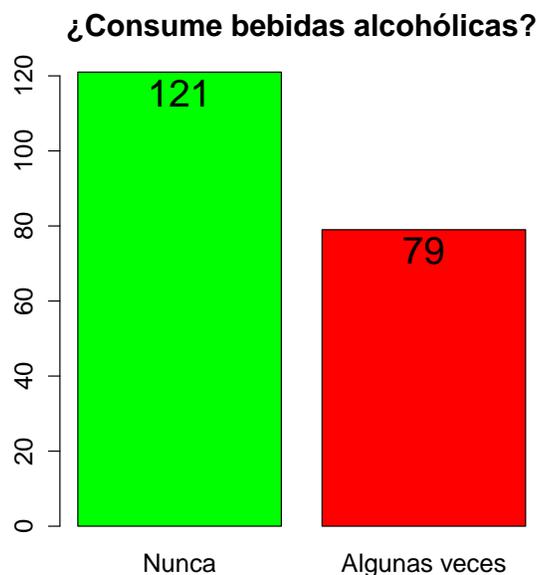


Figura B.13: Frecuencia del consumo de bebidas alcohólicas de los pacientes.

Para los pacientes diabéticos el consumo de cantidades grandes y a largo plazo facilita la aparición de las enfermedades que desencadena la enfermedad. A corto plazo es importante el descenso del nivel de glucosa. El consumo de alcohol entorpece la percepción de los síntomas que además pueden ser similares a los de un estado de ebriedad, sueño, mareo y desorientación, y puede producirse algún tipo de interacción entre el alcohol y los hipoglicemiantes orales. Además, existe el riesgo de hipoglucemias tardías que pueden aparecer hasta 36 horas después de haber bebido.

Desde el punto de vista nutricional, el alcohol tiene muchas calorías y pocos nutrientes, comúnmente se dice que contiene “calorías vacías”. Es importante considerar que 1 gramo de alcohol contiene 7 calorías, casi la misma cantidad que aportan las grasas (9 calorías), así los niveles de colesterol y triglicéridos empeoran con el consumo constante. De aquí la importancia de minimizar el consumo para evitar un estado de obesidad que además es un factor altamente asociado con el mal control de la diabetes.

Si una persona diabética insiste en consumir bebidas alcohólicas, debe tener ciertas consideraciones. No consumir bebidas alcohólicas si no tiene un buen control de la diabetes, en caso de estar controlada el paciente no debe tomar bebidas alcohólicas en ayunas, particularmente quienes usan insulina o hipoglicemiantes orales. No consumir bebidas alcohólicas estando solo, ya que puede sufrir una hipoglucemia y no tener conciencia de ello, utilizar siempre una identificación que indique que tiene diabetes.

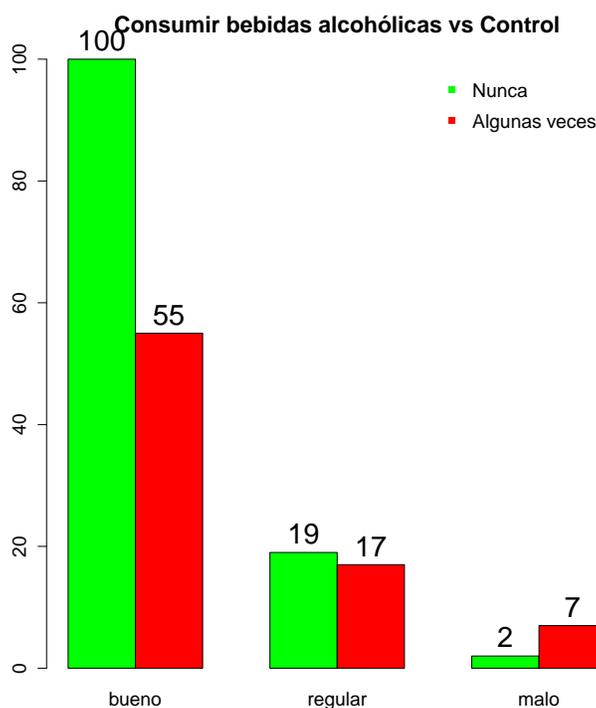


Figura B.14: Consumo de bebidas alcohólicas en cada grupo de control de nivel de glucosa.

También es importante conocer el contenido calórico y concentración de alcohol de las bebidas para evitar descompensaciones, por ejemplo evitar las cervezas espesas, que pueden tener el doble de alcohol y calorías que una cerveza light. En cocteles es común encontrar jarabes y refrescos con alta cantidad de azúcares, optar por bebidas sin calorías como refrescos de dieta y agua mineral es una mejor idea. Todo esto debe ser aprobado por el médico que lleva el control junto con la orientación de un nutriólogo.

Los pacientes que asisten al modulo de atención al diabético reportaron un bajo consumo de bebidas alcohólicas (Figura B.13), el 60% no consume alcohol y el 40% reporta consumirlo de forma ocasional donde algunas veces se refiere a más de una vez por semana.

Considerando que el consumo de estas bebidas solamente tiene efectos negativos cuando se toma en cantidades mayores a una porción, los pacientes que reportan consumirlas lo hacen en pequeñas cantidades, logrando así un decremento en la probabilidad de presentar descompensaciones por hipoglucemia y más aún, no propicia el desarrollo de las enfermedades degenerativas producto del abuso del consumo de alcohol, principalmente enfermedades cardiacas y renales.

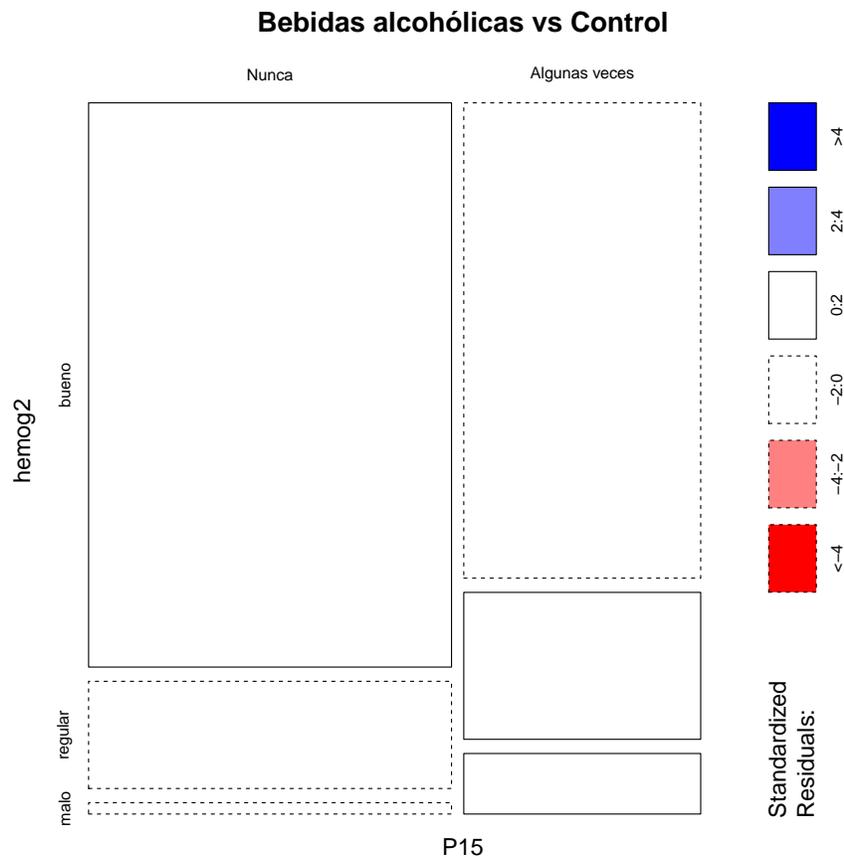


Figura B.15: Mosaico de asociación entre consumir bebidas alcohólicas y control de nivel de glucosa.

En la Figura B.14 se representa para cada grupo la frecuencia con la que consumen bebidas alcohólicas. En el grupo de pacientes con un buen control del nivel de glucosa, 100 pacientes quienes representan el 65% no acostumbra consumir bebidas alcohólicas

mientras que el 35 % formado por 55 personas del grupo las consume de forma poco habitual.

Del grupo de pacientes con un control regular el 53 % de los pacientes reportan nunca consumir alcohol mientras que el 47 % reporta consumirlo en pequeñas cantidades. En términos absolutos sólo hay dos personas de diferencia entre los que consumen con mayor frecuencia y los que no lo hacen.

En el grupo de personas que tienen un mal control del nivel de glucosa en sangre este comportamiento se invierte, siendo la mayoría la que consume de forma habitual bebidas alcohólicas. El 78 % reportó consumir de forma habitual bebidas alcohólicas y el 22 % reporta un nulo consumo.

De la misma forma que en las preguntas anteriores, mientras mayor sea el control del nivel de glucosa los pacientes reportan realizar aquellas acciones que serán benéficas para su salud, mientras que a menor control estas acciones no son tan estrictas y los pacientes reportan realizar en mayor medida acciones no benéficas para alcanzar el control deseado.

Aunque no se muestra una asociación directa con un cambio en el control del nivel de glucosa, el consumo de bebidas alcohólicas de forma excesiva tiene consecuencias directas en los hábitos alimenticios, Figura B.15. El consumo de estas bebidas representa una ingesta calórica que de no ser convertida en energía por actividad física entonces se metaboliza y se almacena en el sistema afectando el sistema cardiaco y el sistema renal. Si además se combina con una mala alimentación y poca actividad física o sedentarismo entonces esta combinación tendrá por seguro como consecuencia un mal control en el nivel de glucosa de los pacientes. Es por esto que aunque no se evidencie la asociación directa de la frecuencia del consumo de bebidas alcohólicas, sí existe una relación entre el consumo y los hábitos que en conjunto forman el estilo de vida, éste es importante en lograr alcanzar el control deseado para el paciente diabético.

## B.6. P20 ¿Se siente triste?

El cerebro requiere una gran cantidad de energía para funcionar correctamente, la glucosa en sangre provee la energía pero también afecta la capacidad de asimilar información y realizar procesos de forma adecuada. Por ello, el estado de ánimo es afectado por los cambios en el nivel de glucosa y la capacidad del cerebro de reaccionar frente a ciertas circunstancias.

Cuando el nivel de glucosa baja resulta complicado concentrarse y tomar decisiones simples, en especial para el paciente diabético quien debe tomar decisiones constantemente sobre acciones que afectarán su nivel de glucosa, por ejemplo, elegir los alimentos que va a consumir y el tipo de ejercicio que debe realizar. Estas elecciones que parecen simples se ven afectadas cuando el cerebro cuenta con poca energía y es más propenso a elegir opciones desfavorables. Cuando las decisiones que eran simples adquieren una importancia mayor, en general, provocan en los pacientes un estado de irritación, frustración e incluso ira. Finalmente, este conjunto de emociones puede llevar a enfrentamientos con otras personas o expresarse en forma de llanto. En contraparte, cuando el nivel de glucosa se encuentran elevados el paciente presenta la sensación de letargo y en ocasiones de nerviosismo, el cerebro tiene problemas para procesar la información por lo que tiende a pensar lentamente y a cometer errores [20].

Las personas con diabetes mellitus (DM) sufren de un estrés psicológico importante relacionado con el carácter crónico de la enfermedad, las modificaciones que demanda y la responsabilidad con el cuidado de su salud en términos de dieta, ejercicios, toma de medicamentos y monitoreo de la glucosa. Las dificultades para acceder a los medios necesarios para garantizar una dieta adecuada y a una supervisión de la glucemia, y la significación estigmatizante de los cuidados de salud en los contextos sociales en los que el sujeto está inmerso, son también aspectos difíciles dentro de los procesos de vida con DM [21].

En conjunto el paciente sufre alteraciones en su estado de ánimo por reacciones químicas producidas por el nivel descontrolado de glucosa y por el estrés psicológico generado por su nueva condición especialmente por la disciplina que requiere para alcanzar un buen control. Estos son factores personales que afectan al paciente pero también juegan un papel importante la convivencia con otras personas y cómo la condición del paciente va a afectar su relación. Es constante la presencia de temores respecto a ser causa de molestias y preocupaciones para los familiares, a dejar de ser productivo y valioso ya sea en el aspecto laboral o familiar. Generan una alteración en la autoestima del paciente, causada por los cambios corporales, en términos estéticos, sexuales, reproductivos y de ejecución de sus actividades cotidianas.

El conjunto de todos estos factores generan una gran presión sobre el paciente que usualmente no sabe cómo reaccionar a la gran cantidad de sentimientos e ideas a las que se enfrenta provocando confusión, ansiedad, irritabilidad y pueden causar depresión.

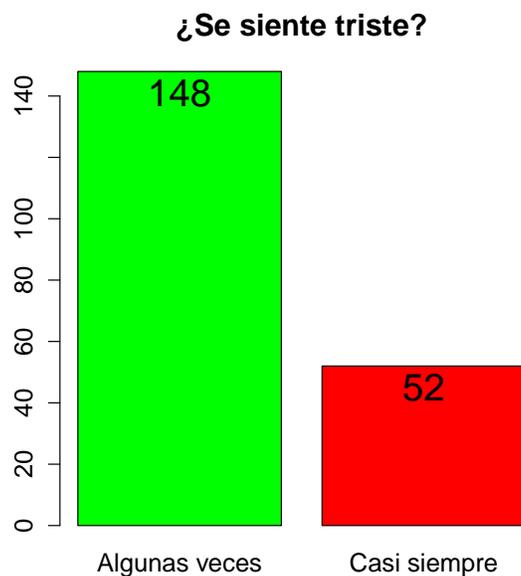


Figura B.16: Frecuencia de sentimiento de tristeza en los pacientes diabéticos.

Los pacientes que participaron en la encuesta reportaron estar tristes. En esta pregunta, la opción casi nunca tuvo que ser colapsada con la opción algunas veces debido a la baja frecuencia que presentó (tres pacientes), de tal forma que se puede inferir que se trata de una población con un constante sentimiento de tristeza, como se muestra en la Figura B.16, 74% de los pacientes reporta sentirse triste algunas veces mientras que el 26% casi siempre se siente triste.

En los últimos años se ha encontrado asociación entre la salud física y la salud emocional de las personas, confirmando el impacto que tiene el estado emocional de una persona en su salud y cómo las alteraciones emocionales afectan al organismo. La depresión es un trastorno del estado de ánimo que interfiere con la vida cotidiana e incapacita a las personas para desenvolverse con normalidad. De acuerdo con el Instituto Nacional de Salud Mental de Estados Unidos, se caracteriza por sentimientos persistentes de tristeza, ansiedad o vacío, abatimiento, desesperanza, pesimismo, impotencia y culpabilidad. Las personas con depresión pierden interés en actividades que antes disfrutaban, desde las actividades cotidianas, las obligaciones y las que disfrutaba como pasatiempos y recreativas. La mayor parte del tiempo se encuentran fatigados y tienen dificultad para concentrarse y tomar decisiones, pueden llegar a tener pensamientos suicidas o intentos de suicidio por lo que la atención psicológica de un experto es de vital importancia.

La depresión por sus características es un factor de alto riesgo para los pacientes diabéticos quienes se encuentran expuestos y son más vulnerables a padecer depresión que la población en general. Las características del trastorno pueden influir negativamente en el control del paciente diabético causando una baja adhesión al tratamiento, la falta de interés en acciones del cuidado de la alimentación, actividad física y el monitoreo del nivel de glucosa[22]. Todos estos factores por sí solos son importantes para lograr un buen control de la diabetes por lo que la depresión podría mermar los logros alcanzados por las modificaciones en los demás factores del estilo de vida. Por ello, es indispensable que el paciente cuente con un acompañamiento emocional y psicológico por parte de los especialistas. Los pacientes del módulo de atención al paciente diabético de la clínica Ignacio Chávez cuentan con el apoyo del módulo de atención psicológica pero depende enteramente del paciente asistir y ser constante en las terapias.

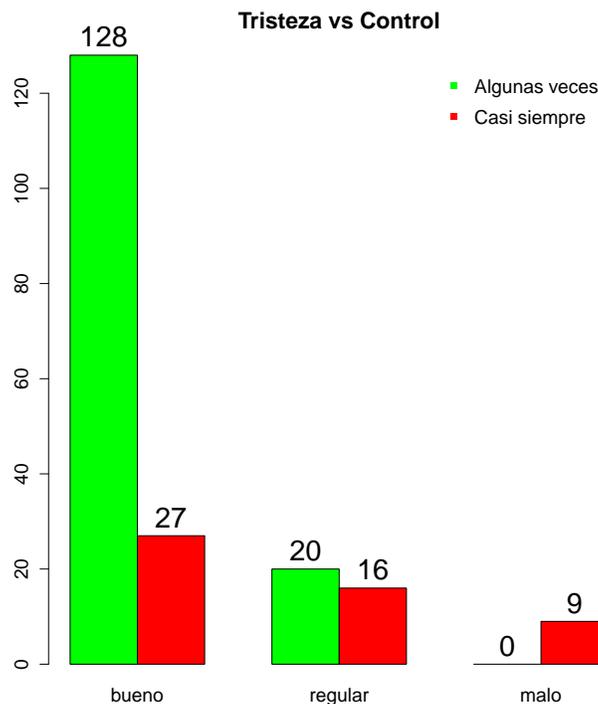


Figura B.17: Frecuencia del sentimiento de tristeza en cada grupo de control de nivel de glucosa.

Aunque los pacientes encuestados cuentan con la opción de acompañamiento psicológico la mayoría reportó encontrarse triste. La encuesta no requiere un diagnóstico formal de depresión, sin embargo, el sentimiento constante de tristeza es uno de los antecedentes del padecimiento y causa frecuente de falta de adhesión al tratamiento, muchas veces las acciones en favor de lograr un buen control también se ven afectadas. En la Figura B.17 se presenta la frecuencia del sentimiento de tristeza en cada grupo.

Los pacientes con un buen control del nivel de glucosa muestran un comportamiento claramente diferenciado del sentimiento de tristeza, el 83 % se siente triste algunas veces mientras que el 17 % casi siempre se encuentra triste. El grupo de pacientes que tienen un control regular del nivel de glucosa en sangre tiene mayor sentimiento de tristeza, el 56 % reporta estar triste algunas veces mientras que el 44 % casi siempre se siente triste. Finalmente, el 100 % de los pacientes con un mal control reportaron sentirse tristes casi todo el tiempo.

Casi la totalidad de los pacientes con un buen control tienen una menor sensación de tristeza, en general esta sensación se encuentra menos frecuente en el grupo de buen control del nivel de glucosa en comparación con un control malo y regular. No es posible asegurar que un buen control de la diabetes genere una menor sensación de tristeza o que sea en sentido inverso, la ausencia de sentimientos de tristeza el factor que ayude a lograr un buen control pero la intersección de éstos resulta favorable para el paciente como un ser integral, físico y emocional.

Bajo esta lógica se puede suponer una relación inversamente proporcional entre el control de glucosa en sangre y estar triste, pues los pacientes con menor control reportan con mayor frecuencia la presencia de este sentimiento. Esta asociación se exhibe en la Figura B.18 donde se puede apreciar que sentirse triste casi siempre está asociado fuertemente con un mal control, asociado positivamente con un control regular y muestra una fuerte asociación negativa con un buen control del nivel de glucosa en sangre.

Aunque la categoría “Algunas veces” no presenta asociaciones fuertes, tiene asociación positiva con un buen control y negativa con un control regular y malo, aunque la categoría “Casi nunca” fue colapsada por su baja frecuencia, quienes la eligieron son pacientes con un muy buen control de su diabetes. Así se evidencia la importancia que tiene el factor emocional en el tratamiento del paciente diabético.

Así, los pacientes pueden lograr un buen control de la enfermedad y también una respuesta psicológica positiva mediante el fortalecimiento de estrategias activas de afrontamiento a la situación problemática que incluya reconocer y cuestionar creencias y actitudes de exclusión y vulnerabilidad [21], esto con el fin de fortalecer emocionalmente al paciente, logrando su reintegración a la dinámica habitual que realizaba y procurando una mayor adhesión al tratamiento.

Finalmente, un común denominador en la opinión de los expertos es la importancia de la promoción del acompañamiento al paciente y de la familia como red de apoyo, para identificar aspectos positivos que genera el cambio en el estilo de vida en el paciente y su familia, logrando así un trabajo en equipo y minimizando las acciones que excluyan o estigmaticen al paciente diabético. Así, la adhesión al tratamiento, la dieta y la actividad física tendrán mayor probabilidad de éxito al contar con una red de apoyo que lo incentive.

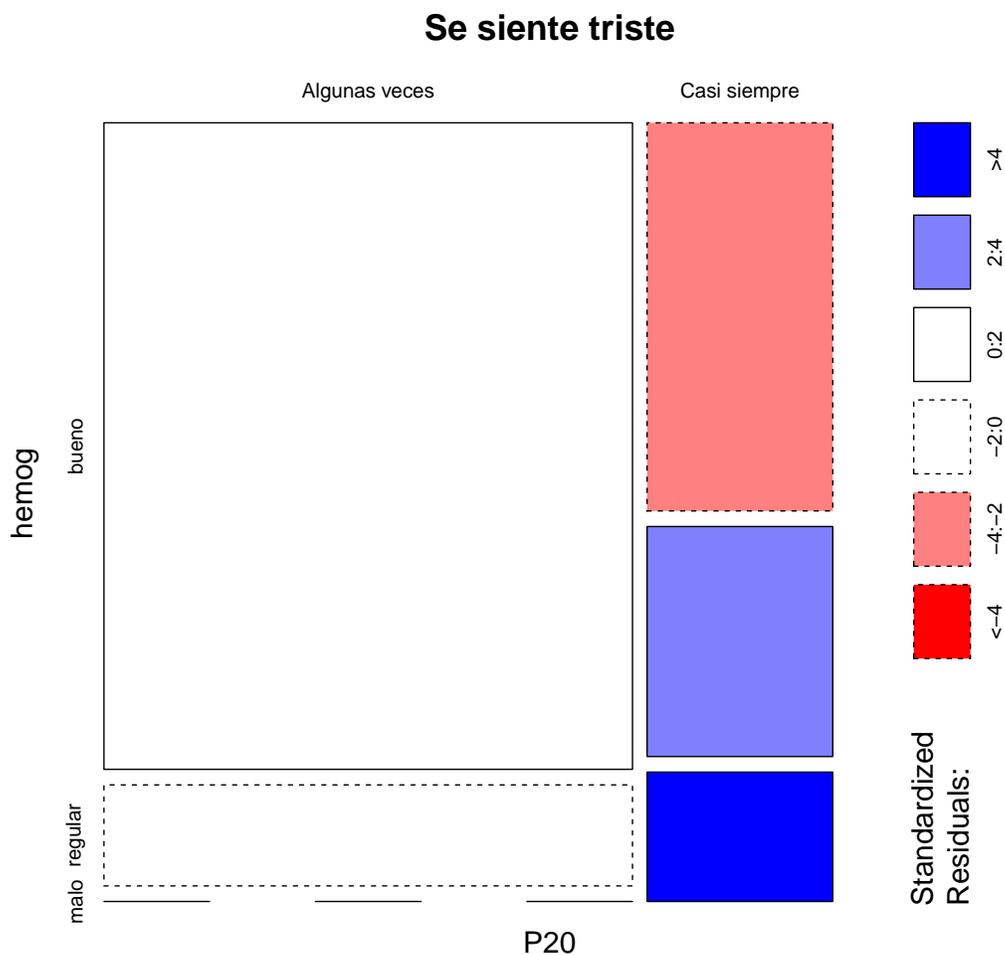


Figura B.18: Mosaico de asociación entre sentirse triste y control de nivel de glucosa.

## B.7. P23 ¿Sigue dieta para diabético?

La buena alimentación es básica en el tratamiento de la diabetes. Dado que el principal problema del organismo es convertir la glucosa en energía, el paciente necesita un plan adecuado de alimentación para conseguir la energía que necesita y al mismo tiempo lograr un buen control del nivel de glucosa para evitar el desarrollo prematuro de las complicaciones de la enfermedad. Es preferible que un experto en nutrición oriente al paciente para lograr una mayor adherencia a una alimentación saludable que beneficie su condición.

Los principales objetivos del plan de nutrición deben enfocarse en las características del paciente diabético, normalizar el peso y mantenerlo estable, mantener un adecuado nivel de glucosa en sangre, así como conseguir niveles óptimos de lípidos sanguíneos. El objetivo común a largo plazo es lograr un control metabólico adecuado y prevenir complicaciones agudas.

Aunque los objetivos sean los mismos, cada organismo es diferente por lo que cada paciente debe contar con el apoyo de un experto en nutrición que le oriente para lograr una alimentación nutritiva, dependiendo de la edad, sexo, estado metabólico, alergias, intolerancias, hábitos alimenticios, poder adquisitivo y accesibilidad a productos específicos. Como se mencionó en el factor emocional, el cambiar hábitos alimenticios y dar mayor importancia a la elección diaria de los alimentos genera en el paciente un estado de estrés muy elevado por lo que el apoyo y orientación del experto en nutrición facilita estas decisiones y ayuda a minimizar la carga emocional del paciente diabético.

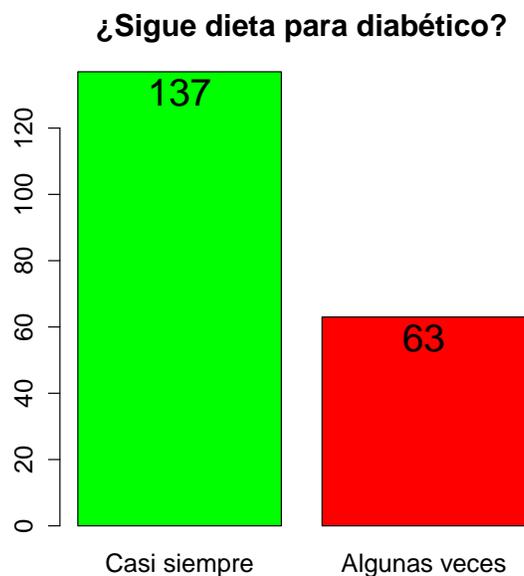


Figura B.19: Frecuencia de pacientes que siguen dieta para diabético.

Conociendo la importancia que tiene una buena alimentación en el paciente diabético, los asistentes al módulo de la clínica de Medicina Familiar cuentan también con el apoyo del módulo de nutrición donde los expertos sugieren una dieta adecuada a su condición. Como se observa en la Figura B.19, el 69 % de los pacientes afirman casi siempre apegarse a la dieta sugerida por los expertos mientras que el 32 % declaró seguir la dieta algunas veces, aunque estos pacientes no siempre se apegan a la dieta tratan de comprometerse pues solamente tres declararon casi nunca seguir la dieta para diabético por lo que esta categoría se encuentra incluida en “Algunas veces”.

Todos los pacientes deben ser conscientes de la importancia de tener una dieta adecuada y comprender cada una de las características que su dieta debe cumplir. Los expertos en nutrición recomiendan fraccionar la dieta en cinco o seis horarios a lo largo del día con el fin de reducir las alzas glicémicas postprandiales.

Los carbohidratos son importantes en la dieta para diabéticos ya que se debe cuidar consumir sólo aquellos que sean benéficos para el organismo, dando prioridad a legumbres, cereales y frutas, consumiendo la cantidad adecuada de hidratos de carbono de absorción lenta como papa, arroz y pan se proporciona energía necesaria al organismo sin elevar demasiado el nivel de glucosa.

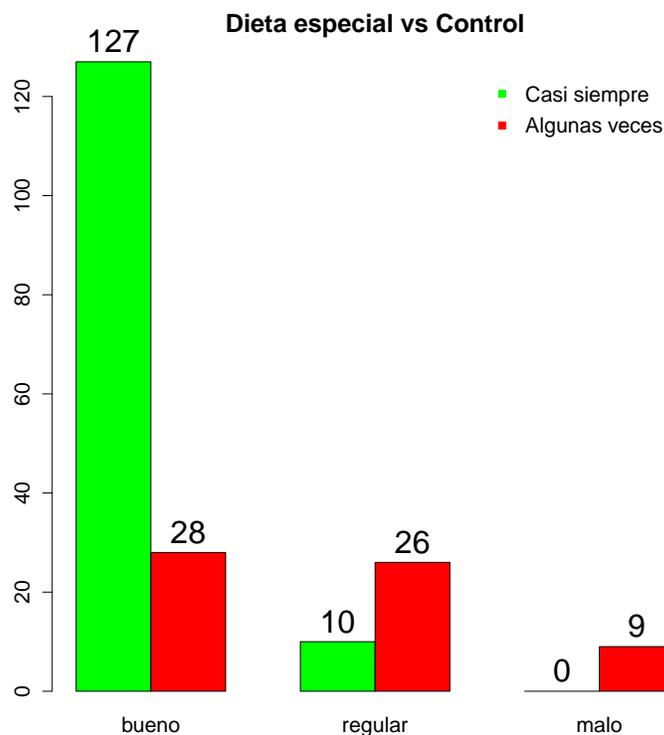


Figura B.20: Frecuencia del apego a dieta especial en cada grupo de control de nivel de glucosa.

El consumo moderado de proteínas es otra característica particular de la dieta, reducir el consumo de grasas, sobre todo de origen animal con el fin de prevenir incremento en los lípidos sanguíneos. La carne de aves y pescados será más adecuada mientras que los productos lácteos deben consumirse con moderación.

En general, de acuerdo con el esquema general de la dieta para diabéticos[23], aumentar el consumo de verduras y frutas ricas en fibra y vitaminas así como limitar el consumo de sal ayuda a lograr un control metabólico adecuado apoyando el tratamiento de medicamentos hipoglicemiantes.

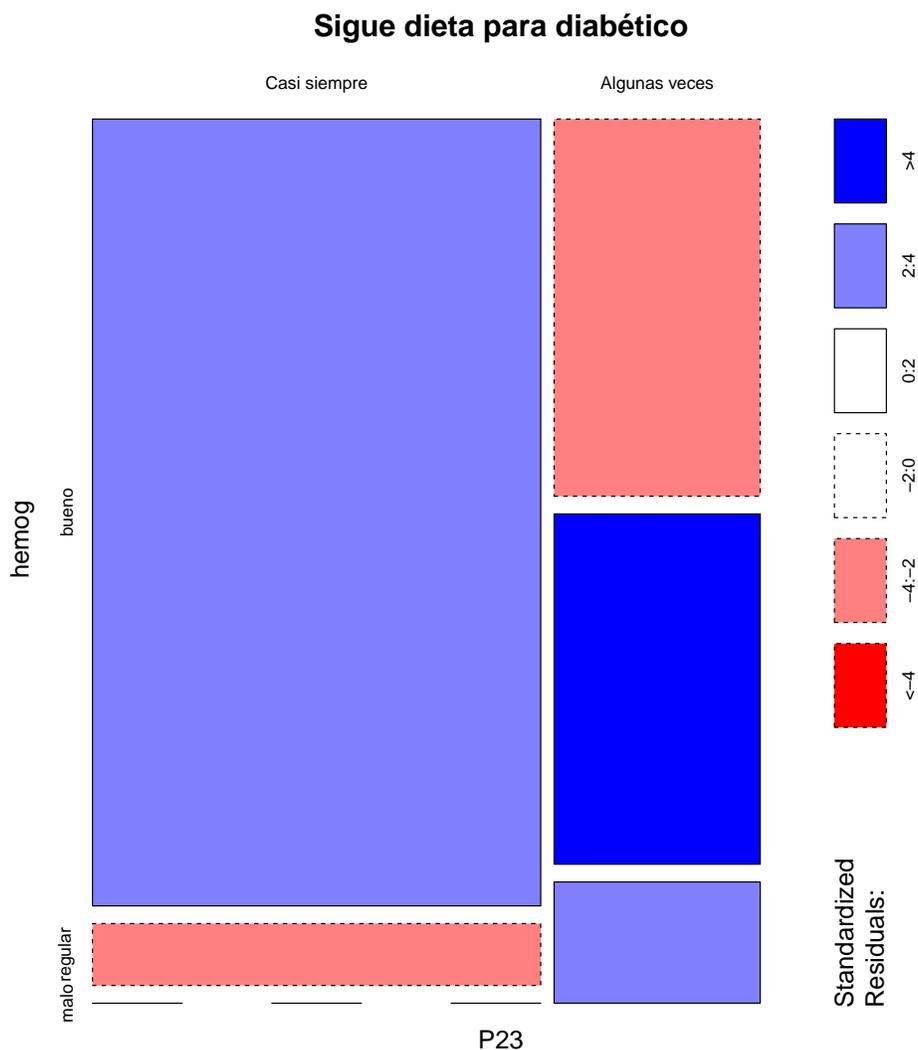


Figura B.21: Mosaico de asociación entre seguir dieta para diabético y control de nivel de glucosa.

En conjunto, un organismo con una buena alimentación estará nutrido, contará con la energía necesaria para realizar sus actividades cotidianas evitando la sensación de pesantez y letargo, si esta dieta se combina con actividad física y el apoyo emocional adecuado, entonces se tendría la posibilidad de estabilizar al paciente descompensado y reducir la cantidad de medicamentos que necesita el paciente en malas condiciones. Se espera no sólo alcanzar el control metabólico, también evitar la aparición de otros padecimientos.

Aunque la clínica de Medicina Familiar Dr. Ignacio Chávez brinde el apoyo en el módulo de atención nutricional, es responsabilidad de los pacientes programar y acudir de forma regular a las citas de control, así como seguir las indicaciones que los nutriólogos les brindan. En la Figura B.20 se representa el apego a la dieta indicada para cada uno de los grupos de control de nivel de glucosa.

En el caso de los pacientes que han alcanzado un buen control según los valores de HbA1c casi la totalidad de ellos, el 82 %, reporta apearse casi siempre a la dieta específica para diabéticos mientras que el 18 % reporta seguir la dieta algunas veces. En comparación con los otros grupos, es claro que la mayoría de pacientes que siguen la dieta especial se encuentra con un buen control del nivel de glucosa.

De los pacientes con un control regular según los valores de HbA1c, el 72 % reportó seguir algunas veces la dieta específica mientras que sólo el 28 % reportó seguirla casi siempre, mostrando un claro aumento de menor apego a la dieta en este grupo. Finalmente, los pacientes con un mal control reportaron en su totalidad seguir algunas veces la dieta para diabético, en este grupo se encuentran los tres pacientes que declararon casi nunca seguir la dieta recomendada, por lo que se evidencia la importante asociación entre la dieta dirigida por un experto en nutrición y lograr estabilizar el nivel de glucosa en sangre.

En la Figura B.21 se hace evidente de forma gráfica la asociación entre seguir una dieta específica para el paciente diabético y alcanzar el control deseado en el nivel de glucosa en sangre de acuerdo con los valores de la prueba de HbA1c.

Tratar de seguir la dieta adecuada de forma disciplinada se asocia positivamente con un buen control y negativamente con un control regular, así mientras mejor sea el apego a la dieta mejor será el control en el nivel de glucosa. Por otra parte, seguir la dieta sólo algunas veces se asocia negativamente con un buen control y se asocia fuertemente con un control regular y malo, de tal forma que mientras menor sea el apego a la dieta, mayor será la descompensación del nivel de glucosa, causando cuadros de hiperglucemia en los pacientes y propiciando la aparición de otros padecimientos.

## **B.8. P25 ¿Sigue las instrucciones médicas que se le indican?**

La diabetes es un padecimiento crónico y desde el momento del diagnóstico el paciente debe realizar modificaciones en varias áreas de su estilo de vida, el manejo de la enfermedad no depende únicamente de tomar los medicamentos necesarios como otras enfermedades. El control del nivel de glucosa en sangre se logra a través de un disciplinado estilo de vida mediante el cual el paciente mejora su salud y evita la aparición de las complicaciones derivadas de la enfermedad. El paciente diabético requiere un monitoreo constante, aunque apoyado y asesorados por expertos en varias áreas de la salud, es responsabilidad del paciente procurar acciones enfocadas a su control y cuidado.

Por este motivo es necesario que el paciente conozca la importancia de seguir las instrucciones que el grupo de expertos le indican para su cuidado, siendo primordial conocer las características de la enfermedad, las metas a alcanzar en el tratamiento como los niveles en las pruebas de dextrosa, niveles de lípidos sanguíneos y el peso adecuado, así como tener claras las acciones que contribuyen a su cuidado para facilitar la transición hacia una vida saludable.

Son varios aspectos del estilo de vida los que requieren cambios y seguir medidas específicas, llevar una dieta saludable, seguir un programa de actividad física adecuada, aprender a resolver problemas en caso de una hipo o hiperglucemia, contar con una red de apoyo emocional, entre otras medidas. Sin embargo, médicamente hay una serie de indicaciones que se sugieren al paciente para su auto cuidado.

Es de vital importancia conocer los medicamentos que el médico indica a cada paciente, tomarlos adecuadamente, siguiendo un horario, ya sea que requiera hipoglucemiantes orales o insulina conocer las cantidades y reacciones que podría llegar a presentar, así como en caso de padecer alguna otra enfermedad referir a otros médicos los fármacos que utiliza para que se haga el ajuste necesario al tratamiento.

Otra de las principales indicaciones médicas que se sugiere al paciente es registrar en una bitácora el horario y dosis en que toma los medicamentos, así como el registro de los niveles de glucosa en varios momentos del día, por esto se recomienda altamente que el paciente cuente con un glucómetro, registrar el monitoreo de los niveles de dextrosa facilitará al médico conocer la respuesta al tratamiento y ajustarlo de ser necesario.

A la bitácora de autocontrol también se recomienda agregar el registro de peso, cambios en la alimentación, la cantidad y tipo de actividad física realizada, estado de ánimo, sensaciones y cualquier incidencia a lo largo del día con el fin de identificar actividades y momentos que afectan directamente en el nivel de glucosa en la sangre, así se ajusta el tratamiento para que el paciente pueda alcanzar poco a poco un nivel óptimo de salud.

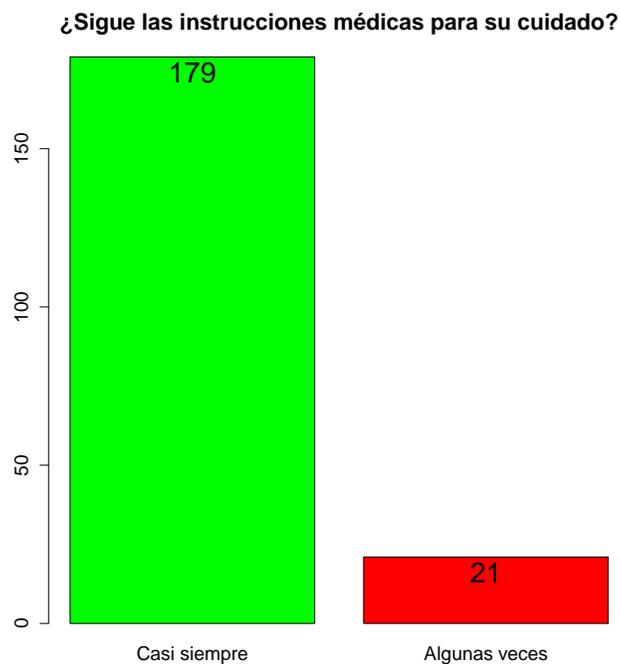


Figura B.22: Frecuencia de pacientes que siguen las instrucciones médicas.

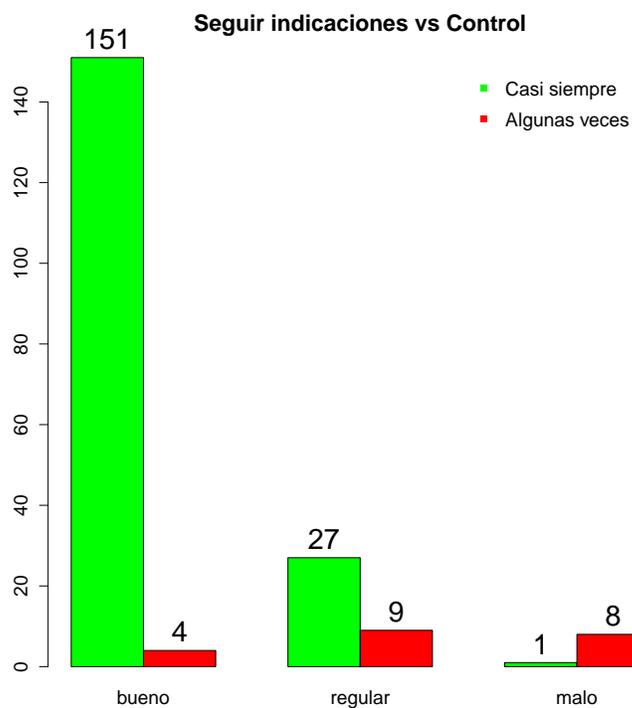


Figura B.23: Frecuencia de apego a indicaciones médicas en cada grupo de control de nivel de glucosa.

Los pacientes del módulo de atención al paciente diabético de la clínica Dr. Ignacio Chávez son aquellos que tienen o tuvieron problemas para controlar la enfermedad y presentaron fuertes descompensaciones por lo que además de la atención intensiva que reciben deben poner especial cuidado en estas medidas de auto cuidado. Por esto, en la Figura B.22 se observa que el 89.5 % de los pacientes encuestados reportaron seguir casi siempre las indicaciones que el personal médico les indica, mientras que el 10.5 % declararon seguir algunas veces estas indicaciones, razón por la cual requieren de la intervención especializada del módulo.

Además de conocer los medicamentos y llevar una bitácora de auto monitoreo el personal de salud hace hincapié en una serie de aspectos a vigilar y medidas a seguir[24] para evitar la aparición de las complicaciones de la enfermedad:

- Revisar los pies diariamente para evitar infecciones.
- Consultar un oftalmólogo y un dentista una vez al año.
- Realizar análisis de función renal una vez al año.
- Asistir de forma constante a las citas de control.
- Mantener un buen aseo personal.
- Evitar comer alimentos en la calle o en lugares poco higiénicos.
- Evitar lesiones en la piel que se puedan infectar.
- Contar con una identificación y el teléfono de un hospital o de su médico, en caso de una emergencia.

Seguir estas indicaciones médicas facilitan que el paciente logre llevar un buen control del nivel de glucosa, cuando trabaja en equipo con los médicos especialistas y adopta un estilo de vida saludable entonces puede aspirar a una calidad de vida normal. Si el paciente presenta alguna infección, accidente o algún evento que afecte el nivel de glucosa en sangre siempre deberá ser atendido por un médico sin minimizar la situación para evitar complicaciones. Si el paciente tiene especial cuidado en seguir las indicaciones médicas entonces podrá facilitar el proceso de regularización del nivel de glucosa en sangre, en la Figura B.23 se representa el apego a las indicaciones de los pacientes encuestados.

Los pacientes que han alcanzado un buen control del nivel de glucosa reportan que el 97 % de ellos sigue casi siempre las indicaciones mientras que solamente el 3 % las sigue algunas veces. El 75 % de los pacientes con un control regular reportó seguir cuidadosamente las indicaciones mientras que el 25 % las sigue algunas veces. Finalmente, los pacientes con un mal control reportaron los niveles más bajos de apego a las indicaciones, sólo el 11 % declaró seguirlas con regularidad y el 98 % declaró hacerlo algunas veces. El cuestionario INMEVID incluía la categoría “Casi nunca” pero los pacientes declararon hacer un esfuerzo por mejorar su salud por lo que la categoría obtuvo nula

respuesta.

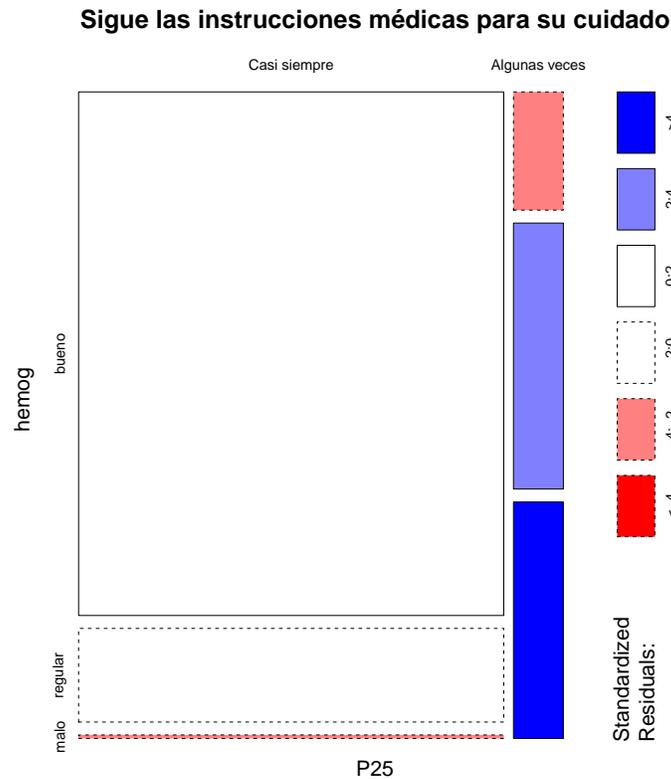


Figura B.24: Mosaico de asociación entre seguir instrucciones médicas y control de nivel de glucosa.

La asociación entre la constancia al seguir las indicaciones médicas y alcanzar el control de la diabetes se representa en la Figura B.24, donde se puede apreciar que mientras menor sea el apego a las indicaciones de los expertos menor será el control que el paciente alcance. Seguir las indicaciones de forma disciplinada se asocia negativamente con un mal control de la enfermedad. Seguir las indicaciones de una manera menos estricta está asociado negativamente con un buen control, positivamente con un control regular y se evidencia una fuerte asociación positiva con un mal control de la enfermedad cuando las indicaciones se descuidan.

Esta es una de las variables más importantes porque resume el cuidado que el paciente tiene en seguir la dieta que se le brinda, cumplir con la actividad física que se le sugiere y el apego al tratamiento médico que se le asigna, de tal forma que el paciente se hace consciente de su papel como principal actor en el control de su diabetes y reflexiona sobre las acciones en su auto cuidado para lograr controlar el nivel de glucosa en sangre, evitar las complicaciones y alcanzar una calidad de vida adecuada.

# Apéndice C

## Código en R

El primer paso del estudio fue pedir a los pacientes del módulo de atención especializada al paciente diabético contestar de forma voluntaria e independiente una copia del cuestionario INMEVID, así como leer el consentimiento informado y firmar en caso de estar de acuerdo. Después de capturar los doscientos cuestionarios contestados por los pacientes que asisten con regularidad al módulo se integró la base de datos con la cual se realizó el análisis estadístico del estilo de vida en pacientes diabéticos mediante un modelo de regresión logística ordinal.

El análisis de los datos así como el ajuste del modelo se realizaron con ayuda del programa estadístico R. A continuación se muestran las partes principales del *script* que genera los resultados que se muestran a lo largo del documento.

La idea principal del trabajo es lograr que los pacientes puedan interpretar de una forma más sencilla el resultado de los análisis de laboratorio mediante una escala de control de la enfermedad. Esta escala surge de discretizar la variable hemoglobina glicada en las categorías bueno, malo y regular.

Entonces, Una vez consolidada la base de datos, es necesario declarar a qué tipo de variable corresponde cada una de las columnas de la base, así como los distintos niveles que pueden tomar cuando se trata de una variable de tipo ordinal. Para algunas variables, a manera de ejemplo, se muestra una parte del código ya que incluirlo todo multiplicaría la extensión del documento.

```
library(knitr)
library(MASS)
library(vcd)
library(VGAM)
library(ordinal)
library(vcdExtra)
library(Kendall)
library(psych)
library(generalhoslem)
library(plotrix)
library(formatR)
library(effects)

Base<-read.csv("C:/Users/Suelem/Documents/Tesis/colaps.csv")
attach(Base)

hemog<-cut(Hemog.glucocil.Porcent, breaks=c(0,7,9,20),right=F)
levels(hemog)<-c("bueno","regular","malo")
hemog2<-ordered(hemog,levels=c("bueno", "regular", "malo"),
               labels=c("bueno", "regular", "malo"))
table(hemog2)

## hemog2
##   bueno regular   malo
##    155     36     9

Sex<-as.factor(Sexo)

Diag.peso<-ordered(Base$DiagPesoNum,levels=1:4,
                  labels=c("Normal","Sobrepeso","Obesidad","Obesidad mórbida"))

P1<-ordered(Base$X1.Preg,levels=1:2,
            labels=c("Todos los días", "Algunos días"))

P2<-ordered(Base$X2.Preg,levels=1:2,
            labels=c("Todos los días", "Algunos días"))

P3<-ordered(Base$X3.Preg,levels=1:2,
            labels=c("0 a 1", "2 o más"))

P4<-ordered(Base$X4.Preg,levels=1:2,
            labels=c("0 a 3", "4 o más"))

P5<-ordered(Base$X5.Preg,levels=1:2,
            labels=c("Casi nunca", "Algunas veces"))
```

Una vez seleccionadas las variables que forman parte del modelo se utiliza la función *clm* para modelos acumulativos del paquete *ordinal*. Se obtienen los *OR* y sus intervalos de confianza. Después, con ayuda del paquete *effects*, se generan los logits y las probabilidades ajustadas del modelo, así como las gráficas en las cuales se puede apreciar el efecto en la respuesta a causa un cambio en las variables explicativas.

```
mmp<-clm(hemog2 ~ Diag.peso + Dext.Post + P3 + P10 + P15
          + P20 + P23 + P25)

summary(mmp)
confint(mmp)
exp(cbind(OR = mmp$beta, confint(mmp)))
e<-allEffects(mmp)
print(e, type=c("probability", "logits"))
j1<-Effect("Diag.peso",mmp,confidence.level=.95,
           xlevels=4, vcov.=vcov, se=TRUE, typical=mean)
j2<-Effect("Dext.Post",mmp,confidence.level=.95,
           vcov.=vcov, se=TRUE, typical=mean)
j3<-Effect("P3",mmp,confidence.level=.95,
           xlevels=2, vcov.=vcov, se=TRUE, typical=mean)

j1$logit
j2$logit
j3$logit
j1$prob
j2$prob
j3$prob
## Ver sección 6.3
plot(j1)
plot(j2)
plot(j3)
```

Después, es necesario probar el supuesto de momios proporcionales así como realizar las pruebas de bondad de ajuste correspondientes.

```
mmnp<-clm(hemog2 ~ Dext.Post, nominal=~ Diag.peso + P3 + P10 + P15
           + P20 + P23 + P25, link="logit")

anova(mmp,mmnp)
nominal_test(mmp)

#Lipsitz goodness of fit test for ordinal response models.
lipsitz.test(mmp, g = 10)

#Hosmer-Lemeshow Tests for Logistic Regression Models for ordinal data
predprob2 <- data.frame(Diag.peso,Dext.Post,P3,P10,P15,P20,P23,P25)
fv2 <- predict(mmp, newdata = predprob2, type = "prob")$fit
logitgof(hemog2, fv2, g = 5, ord = TRUE)
```

```
## Pulkstenis–Robinson goodness of fit tests
## for ordinal response models.
pulkrob.chisq(mmp, c("diag.peso", "P3", "P10", "P15", "P20", "P23", "P25"))
pulkrob.deviance(mmp, c("diag.peso", "P3", "P10", "P15", "P20", "P23", "P25"))
```

Finalmente, la Predicción. Parte importante del trabajo es lograr que el paciente diabético tome consciencia de su papel como principal agente de cambio. Con este fin se muestra una estimación de cómo cambiaría el control de la enfermedad de acuerdo con las acciones que se modifiquen.

```
## Ver sección 6.6
plot(Effect(focal.predictors = c("Dext.Post", "Diag.peso"),
           mod = mmp, xlevels=list(Dext.Post=seq(100, 200, 300))))
plot(Effect(focal.predictors = c("Dext.Post", "P3"),
           mod = mmp, xlevels=list(Dext.Post=seq(100, 200, 300))))
plot(Effect(focal.predictors = c("Dext.Post", "P10"), mod = mmp,
           xlevels=list(Dext.Post=seq(100, 200, 300))))

SimDat<-read.csv("C:/Users/Suelem/Documents/Tesis/Newdata.csv", header=T)
## Base con información de los pacientes A,B y C
hemog2<-ordered(SimDat$hemog2, levels=c("bueno", "regular", "malo"),
               labels=c("bueno", "regular", "malo"))
Diag.peso<-ordered(SimDat$Diag.peso, levels=1:4,
                  labels=c("Normal", "Sobrepeso", "Obesidad", "Obesidad mórbida"))
Dext.Post<-SimDat$Dext.Post
P3<-ordered(SimDat$P3, levels=1:2, labels=c("0 a 1", "2 o más"))
```

Se proponen tres tipos de paciente con tres estilos de vida característicos, con ellos se propone una base de datos con las respuestas del cuestionario INMEVID que se esperarían para cada estilo de vida asociado. Con esta nueva base se hace una predicción de la respuesta, es decir, cuál sería el control de la enfermedad. También se estiman las probabilidades de presentar cada una de las categorías: bueno, malo y regular. Así, el paciente tiene la oportunidad de decidir ser más estricto en algunas acciones o inclusive permitirse ser más laxo con acciones que no pongan en riesgo su salud.

```
SimDat2<-data.frame(Diag.peso, Dext.Post, P3, P10, P15, P20, P23, P25)
(SimDat2$PredControl <- predict(mmp, newdata = SimDat2, type = "class"))
SimDat2
SimDat3 <- predict(mmp, newdata = SimDat2, type = "prob")

TabPred<-data.frame(SimDat2, SimDat3)
TabPred
TabPred2<-as.matrix(TabPred)
write.csv(TabPred2, file = "C:/Users/Suelem/Documents/Tesis/Predict.csv")
```

# Bibliografía

- [1] Hernández Ávila M and Gutiérrez JP. *Encuesta Nacional de Salud y Nutrición 2012. Diabetes mellitus: la urgencia de reforzar la respuesta en políticas públicas para su prevención y control*. Instituto Nacional de Salud Pública (MX), 2013. Recuperado el 25 de octubre de 2014 de <http://ensanut.insp.mx/doctos/analiticos/DiabetesMellitus.pdf>.
- [2] King H, Aubert RE, and Herman WH. Global burden of diabetes, 1995–2025: prevalence, numerical estimates, and projections. *Diabetes Care*, 1998.
- [3] Harris M and Zimmet P. Classification of diabetes mellitus and other categories of glucose intolerance. *International Textbook of Diabetes Mellitus*, 1997.
- [4] Sánchez Rodríguez A et al. *Protocolos Diabetes Mellitus Tipo 2*. Sociedad Española de Medicina Interna, 2010. Recuperado el 2 de noviembre de 2014 de <https://www.fesemi.org/publicaciones/semi/protocolos/protocolos-diabetes-mellitus-tipo-2>.
- [5] International Diabetes Federation. *IDF Diabetes Atlas, 7th edn*, 2015. Recuperado el 25 de noviembre de 2015 de <http://www.diabetesatlas.org>.
- [6] OMS Diabetes. Nota descriptiva N 312. *Geneva Switzerland: Organización Mundial de la Salud*, 2012.
- [7] Instituto Nacional de Estadística y Geografía INEGI. *Cuéntame, ¿De qué mueren los mexicanos?* Recuperado el 25 de noviembre de 2015 de <http://cuentame.inegi.org.mx/poblacion/defunciones.aspx?tema=P>.
- [8] Instituto Nacional de Estadística y Geografía INEGI. “*Estadísticas a propósito del día de muertos (2 de noviembre)*”, 2014. Recuperado el 10 de enero de 2015 de <http://www.inegi.org.mx/saladeprensa/aproposito/2014/muertos0.pdf>.
- [9] Presidencia de la República. *Segundo Informe de Gobierno 2013 - 2014, Anexo Estadístico*. Talleres Gráficos de México, 2014.
- [10] López-Carmona JM, Ariza-Andraca CR, Rodríguez-Moctezuma JR, and Munguía-Miranda C. Construcción y validación inicial de un instrumento para medir el estilo de vida en pacientes con diabetes mellitus tipo 2. *Salud Pública de México*, 45(4):259–267, 2003. Recuperado el 4 de enero de 2016 de <http://ref.scielo.org/bns8vm>.

- [11] Nefs G, Pouwer F, Denollet J, Kramer H, Wijnands-van Gent CJM, and Pop VJM. Suboptimal glyceemic control in type 2 diabetes: A key role for anhedonia? *Journal of Psychiatric Research*, 46(4):549–554, 2012.
- [12] Rinesi J. F. Relación del riesgo entre dos poblaciones. *Revista de Posgrado de la Cátedra VIa Medicina N*, 113:5–14, 2001.
- [13] Ávila R and Expósito M. Riesgo relativo, sensibilidad y especificidad: un enfoque desde el análisis matemático y el álgebra lineal. *Revista Cubana de Informática Médica*, 3(2):151–161, 2011.
- [14] Zamora S. Análisis de datos categóricos. Notas de clase. UNAM.
- [15] Christensen RHB. Analysis of ordinal data with cumulative link models estimation with the R-package ordinal., 2011.
- [16] Agresti A. *Foundations of linear and generalized linear models*. John Wiley & Sons, 2015.
- [17] Jay M. Package generalhoslem. *Statistics in Medicine*, 32:2235–2249, 2013.
- [18] Serafín Murillo. *Tabla de raciones de hidratos de carbono*. Fundación para la Diabetes, 2013. Recuperado el 24 de enero de 2015 de [www.fundaciondiabetes.org](http://www.fundaciondiabetes.org).
- [19] Novials A. *Diabetes y ejercicio*. Grupo de trabajo de Diabetes y Ejercicio de la Sociedad Española de Diabetes (SED). Ediciones Mayo SA, 2006. Recuperado el 20 de mayo de 2015 de <http://www.sediabetes.org>.
- [20] Marshall J. How blood sugar affects mood. Information about diabetes, 2014. Recuperado el 20 de abril de 2016 de <http://www.informationaboutdiabetes.com/lifestyle/lifestyle/how-blood-sugar-affects-mood>.
- [21] Loraine Ledón Llanes. Impacto psicosocial de la diabetes mellitus, experiencias, significados y respuestas a la enfermedad. *Revista Cubana de Endocrinología*, 23(1):76–97, 2012. Recuperado el 29 de junio de 2016 de <http://ref.scielo.org/hs3zvr>.
- [22] Kim S, Jang EH, Son JW, Ahn YB, Lee KW, Won KC, Song DK, and Song KH. Depression and self-care activities in korean patients with dm. abstract book. In *20th World Diabetes Congress Montreal, IDF*, 2009.
- [23] Díaz E, Riffo A, et al. Importancia de la dieta en pacientes diabéticos. *Revista Hospital Clínico Universidad de Chile*, 23(3):227–232, 2012.
- [24] Sociedad Mexicana de Nutrición y Endocrinología. Guía de autocuidado para personas con diabetes, 2014. Recuperado el 18 de mayo de 2016 de <http://132.247.8.18/imagenes/CAIPaDi/Guia%20autocuidado%20diabetes%20smne.pdf>.

- [25] Gutiérrez JP, Rivera-Dommarco J, Shamah-Levy T, Villalpando-Hernández S, Franco A, Cuevas-Nasu L, Romero-Martínez M, and Hernández-Ávila M. *Encuesta Nacional de Salud y Nutrición 2012. Resultados nacionales*. Instituto Nacional de Salud Pública (MX), 2013. Recuperado el 2 de junio de 2016 de <http://ensanut.insp.mx/>.
- [26] Bliss C. El estilo de vida y el estándar de vida. In *La calidad de vida*, pages 534–557. Fondo de Cultura Económica, 1998.
- [27] Morales-Alfonso U and Jarne Esparcia A. Calidad de vida y estilos de afrontamiento en personas con patologías crónicas. *Interamerican Journal of Psychology*, 42(1):151–160, 2008.
- [28] Mata Cases M. *Diabetes mellitus tipo 2. Protocolo de actuación*. Grupo de Estudio de la Diabetes en Atención Primaria de Salud (GEDAPS) de la Societat Catalana de Medicina Familiar i Comunitària. Recuperado el 24 de enero de 2015 de <http://www.sediabetes.org/>.
- [29] Ministerio de salud de Chile. *Guía clínica. Diabetes Mellitus tipo 2*. Ministerio de Salud. Subsecretaría de Salud Pública, 2010. Recuperado el 17 de junio de 2016 de <http://web.minsal.cl/portal/url/item/72213ed52c3e23d1e04001011f011398.pdf>.
- [30] Agresti A. *An introduction to categorical data analysis*, volume 135. Wiley New York, 1996.
- [31] Agresti A and Kateri M. *Categorical data analysis*. Springer, 2011.
- [32] Casella G and Berger R. *Statistical inference*, volume 2. Duxbury Pacific Grove, CA, 2002.
- [33] Friedman J, Hastie T, and Tibshirani R. *The elements of statistical learning: data mining, inference, and prediction*. Springer series in statistics, 2011.
- [34] James G, Witten D, Hastie T, and Tibshirani R. *An Introduction to Statistical Learning: with Applications in R*. Springer, 2013.
- [35] Leifeld P. texreg: Conversion of statistical model output in R to L<sup>A</sup>T<sub>E</sub>X and HTML tables. *Journal of Statistical Software*, 55(8):1–24, 2013.