



Universidad
Zaragoza

Trabajo Fin de Máster. Master de Condicionantes Genéticos, Nutricionales y Ambientales del Crecimiento y Desarrollo

Título del trabajo: Predicción de
sobrepeso/obesidad desde etapas precoces de la
infancia.

Autor

Laura Morlán Herrador

Director/es

Antonio de Arriba Muñoz
Jesus María Garagorri Otero

Universidad de Zaragoza
Julio 2017

Título: Predicción de sobrepeso/obesidad desde etapas precoces de la infancia.

Autora: Laura Morlán Herrador. DNI: 05312808-S

Tutor académico: Antonio de Arriba Muñoz. DNI: 04210627V

Tutor académico: Jesús María Garagorri Otero. DNI: 15143359K

Línea de investigación: Medioambiente, hábitos de vida y salud infanto-juvenil.

Centro de realización: Hospital Universitario Miguel Servet.

Resumen: La obesidad infantil es uno de los problemas de salud pública del siglo XXI; su prevención supone un gran reto a nivel mundial. El objetivo de este trabajo es desarrollar una fórmula que permita identificar de forma precoz el riesgo de desarrollar obesidad en población infantil, así como la introducción de los modelos obtenidos en una herramienta más útil y accesible a la población general haciendo uso de las TICS mediante el desarrollo de una aplicación móvil que permita la introducción de datos antropométricos.

Trabajo realizado a partir de un estudio longitudinal realizado sobre población sana (122 niños, 120 niñas) consistente en la medida de 14 parámetros antropométricos obtenidos desde el nacimiento a los 18 años de edad. Se ha definido sobrepeso cuando el IMC y el perímetro abdominal fueron superiores a una desviación estándar con respecto a la media poblacional. Mediante regresión logística, se ha creado un modelo diseñado para describir la probabilidad de que un individuo presente sobrepeso a partir de sus datos antropométricos de los 3 primeros años de vida (significación estadística si $p < 0.05$). Así mismo, se ha creado una aplicación móvil llamada "Growin", diseñada para el seguimiento natural de tendencias antropométricas junto con la posibilidad de obtención de *feed-back* de datos, gráficas e informes.

De esta forma, se han creado modelos estadísticos muy competitivos, con una capacidad discriminadora excelente, y una aplicación móvil disponible para cualquier usuario de telefonía móvil, que pueden ser unas herramientas útiles para tratar de prevenir la obesidad en la infancia.

Palabras clave: obesidad, prevalente, prevención, sobrepeso, regresión logística, aplicación móvil.

Abstract: Childhood obesity is one of the most important public health challenges of the 21st century; its prevention is a major challenge worldwide. The aim of the present study is to develop a mathematical formula to identify children with high risk of childhood obesity in an early stage, and also to create a mobile application to introduce those statistical models and anthropometric measures.

A national longitudinal population-based study is used (122 boys and 120 girls); it includes 14 anthropometric measures made from birth to 18 years of age. Overweight is defined when measurements of Body mass index (BMI) and abdominal circumference are greater than 1 standard deviation above the standard average. By using logistic regression, it's created a model that predicts the risk of children to develop overweight by using anthropometric data from the first three years of life (statistical significance, $p < 0.05$). It's been also created a mobile application, called "Growin", designed to follow up the growth of the children since birth, where is also possible to obtain data feed-back, graphics and reports.

The two statistical models created (one for men and the other for women) are both highly competitive, with high discriminatory power. So it is the mobile application, which can be used by any phone usuary. Those two items created, can be goods tools in daily clinical practice to prevent obesity

Keywords: obesity, prevalence, prevention, overweight, logistic regression, mobile application.

VISTO BUENO DEL TUTOR/TURORA:

D. Jesús María Garagorri y D. Antonio de Arriba Muñoz certifican que:

Dña. Laura Morlán Herrador ha realizado bajo nuestra dirección el trabajo de fin de master de Condicionantes genéticos, nutricionales y ambientales del crecimiento y desarrollo titulado: "Predicción de sobrepeso / obesidad desde etapas precoces de la infancia".

Se ha realizado una supervisión tanto del diseño metodológico, como de la calidad y cantidad de los resultados obtenidos, así como del rigor de las citas bibliográficas empleadas.

Por todo esto, consideramos que este trabajo reúne las condiciones necesarias para ser sometido a defensa ante el tribunal.

Zaragoza, 26 de Junio de 2017

INDICE	pág
1. Antecedentes y justificación	1
2. Objetivos	8
2.1. Objetivo principal	8
2.2. Objetivos secundarios	8
3. Material y métodos	9
3.1. Estudio antropométrico	9
3.2. Estudio estadístico	10
3.3. Creación de una plataforma online interactiva	15
4. Resultados	19
4.1. Estudio estadístico	19
4.1.1. Modelo de mujeres	20
4.1.2. Modelo de varones	23
4.2. Creación de una plataforma online interactiva	27
5. Discusión	38
5.1. Interpretación del modelo de mujeres	40
5.2. Interpretación del modelo de varones	42
6. Comentarios finales	50
7. Bibliografía	52

1. ANTECEDENTES Y JUSTIFICACIÓN:

La obesidad infantil es uno de los problemas de salud pública más graves del siglo XXI. La OMS sitúa los problemas derivados del sobrepeso y la obesidad como el quinto factor de riesgo de defunción a nivel mundial, siendo la obesidad responsable del 1-3% del gasto sanitario total en la mayor parte de los países desarrollados.

Se estima que, en 2010, el sobrepeso y la obesidad causaron 3.4 millones de muertes en el mundo y redujeron en un 3.9% de años de vida. Además, se calcula que una persona obesa supone un 25% más en gasto en salud que una no obesa.¹

La prevalencia de la obesidad se ha duplicado en todo el mundo desde 1980, calculándose que en 2012 había 44 millones de niños menores de 5 años con sobrepeso u obesidad. Con estos datos, la prevalencia mundial del sobrepeso y obesidad en la infancia ha aumentado desde un 5% aproximadamente en 1990 hasta un 7% en 2012.² El problema es mundial y está afectando progresivamente a una gran cantidad de países, sobre todo en el medio urbano, de tal forma que la prevalencia de esta enfermedad ha aumentado a un ritmo alarmante, llegándose a considerar una epidemia en determinadas zonas.

Está demostrada la asociación entre el aumento del riesgo de padecer enfermedades como la diabetes *mellitus* tipo 2, la hipertensión arterial y la enfermedad coronaria en adultos, con padecer sobrepeso u obesidad en la infancia, así como la reducción de dicho riesgo al reducir el índice de masa corporal.³

La Asociación Americana de Diabetes afirma que el 85% de los niños con diagnóstico de diabetes tipo 2 tienen sobrepeso u obesidad; además, 10% de niños con obesidad podrían sufrir de tolerancia alterada a la glucosa. En adolescentes con obesidad, se encontró que el 25% presentan hipertensión, 39% bajos niveles de HDL, y 46% altos niveles de triglicéridos (frente a 4, 18 y 17% en adolescentes con peso adecuado respectivamente). Del mismo modo, se ha descrito que adolescentes con oligomenorrea y obesidad están en mayor riesgo de desarrollar síndrome poliquístico ovárico, así como la existencia de aumento de riesgo de esteatosis hepática, síndrome de apnea del sueño, asma y mayor susceptibilidad de anomalías ortopédicas y fracturas dado el aumento del estrés mecánico en relación al exceso de peso.⁴

Sin embargo, el problema de la obesidad no afecta sólo a nivel de salud inmediata o futuro, sino también al nivel educativo que pueda alcanzar cada niño, así como a la calidad de vida.

Un niño obeso puede sufrir discriminación social, baja autoestima y depresión. Se ha asociado la obesidad en la infancia y adolescencia con mayor probabilidad de presentar desórdenes de la alimentación como por ejemplo bulimia. Por otro lado, algunos estudios transversales han asociado a la obesidad en este periodo con burlas, *bullying*, marginación y pobres resultados académicos. Asimismo, se ha descrito que niños y adolescentes con obesidad presentan mayores limitaciones funcionales, físicas y psicosociales lo que repercutiría en una baja calidad de vida debido al estigma social y las consecuencias de la obesidad sobre la salud. ⁵

El problema es mayor, además, puesto que un número cada vez mayor de niños serán obesos, incluso antes de nacer. Niños que todavía no han llegado al umbral de índice de masa corporal que para su edad se correspondería con la definición de obesidad o sobrepeso infantil, corren riesgo de ser obesos, como por ejemplo los niños que sufren desnutrición en la primera infancia, pues esto hace que corran un riesgo muy alto de ser obesos cuando las pautas de alimentación y actividad física cambien.

La obesidad deriva de la conjunción de varios factores: la exposición a un entorno malsano (entorno obesogénico) y las respuestas conductuales y biológicas inadecuadas a ese entorno.

Muchos niños crecen actualmente en un entorno obesogénico que favorece el aumento de peso y la obesidad. El desequilibrio energético se debe a los cambios en el tipo de alimentos y en su disponibilidad, asequibilidad y comercialización, así como al descenso en la actividad física, pues se ha incrementado el tiempo dedicado a actividades de recreo sedentarias y que suponen estar ante una pantalla. Las respuestas conductuales y biológicas de un niño ante un entorno obesogénico pueden estar determinadas por procesos anteriores incluso a su nacimiento, lo que empuja a un número cada vez mayor de niños hacia la obesidad si siguen una dieta inadecuada y realizan poca actividad física. ⁶

El riesgo de obesidad puede pasarse de una generación a la siguiente, como consecuencia de factores conductuales y/o biológicos. Las influencias conductuales perduran entre generaciones, puesto que los hijos heredan el nivel socioeconómico, los comportamientos y normas culturales y los hábitos familiares alimentarios y de práctica de actividad física.⁷

Los factores biológicos pueden llevar a un incremento del riesgo de obesidad en los niños por dos vías que inciden en el desarrollo:

- La vía de la discordancia. Se deriva de la malnutrición (en ocasiones sutil) durante el desarrollo fetal y en la primera infancia, debida, por ejemplo, a deficiencias en la nutrición materna o a la insuficiencia placentaria. El medio ambiente influye por procesos subyacentes en la función de los genes (efectos epigenéticos) que no se manifiestan necesariamente en medidas como el peso al nacer. Los niños que han sufrido desnutrición y que nacieron con bajo peso o son pequeños para su edad (retraso del crecimiento), corren riesgos muy superiores de sufrir sobrepeso y obesidad si en etapas posteriores de la vida siguen dietas de alto contenido calórico y un tipo de vida sedentario. Los intentos de tratar la desnutrición y el retraso del crecimiento durante la infancia de esos niños pueden haber provocado consecuencias no deseadas como un mayor riesgo de obesidad.

- La vía del desarrollo. Se caracteriza por que la madre inicia la gestación con obesidad o diabetes preexistente, o sufre diabetes gestacional. Ello predispone al niño a la acumulación de depósitos de grasa debido a la enfermedad metabólica y la obesidad. Esa vía puede conllevar también procesos epigenéticos. Según investigaciones recientes, la obesidad del padre también puede contribuir a un mayor riesgo de obesidad en el niño, probablemente por mecanismos epigenéticos. Una alimentación inadecuada del lactante en sus primeros meses también afecta a la biología del desarrollo del niño. Con intervenciones adecuadas antes y durante la gestación y en el primer año de vida pueden prevenirse algunos de estos efectos, pero es posible que no puedan revertirse una vez transcurrido un periodo crucial de desarrollo.

Además, la obesidad infantil es un factor predictivo importante de la obesidad en la edad adulta, que tiene consecuencias económicas y sanitarias perfectamente

conocidas, tanto para la persona como para la sociedad. Si bien algunos estudios longitudinales apuntan a que la mejora del IMC en la edad adulta puede reducir el riesgo de morbilidad y mortalidad, la obesidad infantil dejará una huella permanente en la salud del adulto.⁸ Cada vez hay más datos científicos sobre el costo de la obesidad infantil a lo largo de la vida, pero son escasos si se comparan con los datos sobre la carga económica de la obesidad en los adultos.

Dada la magnitud del problema, la prevención y erradicación de la obesidad y el sobrepeso infantil se ha convertido en uno de los principales caballos de batalla a nivel mundial. La OMS en su informe de la Comisión para acabar con la obesidad infantil publicado en el año 2016, declara que los gobiernos y la sociedad tienen la responsabilidad moral de actuar a favor del niño para reducir el riesgo de obesidad. Combatir la obesidad infantil concuerda con la aceptación general de los derechos del niño a una vida sana, así como con las obligaciones adquiridas por los Estados Partes en la Convención sobre los Derechos del Niño.⁶

De esta forma, han surgido numerosas iniciativas, campañas y publicaciones que tratan de poner fin a esta epidemia mundial.

Tras revisar la literatura, es importante destacar que, a día de hoy, la mayor parte de medidas existentes para concienciar a la sociedad y tratar de erradicar la obesidad consisten en medidas de carácter reactivo. Es decir, medidas que se toman una vez el problema ya está establecido, como pueden ser el cambio de los hábitos de alimentación o la realización de más ejercicio físico.

Existen numerosas publicaciones que fomentan este tipo de medidas de carácter reactivo: estrategias para promover la ingesta de frutas y vegetales durante la infancia,⁹ programas para promover la actividad física y reducir el sedentarismo en niños y adolescente¹⁰, así como para promover entornos escolares saludables mediante la restricción de bebidas azucaradas o alimentos de alto contenido calórico y bajo nivel nutricional.¹¹

Sin embargo, tal y como informa la OMS, los progresos en la lucha contra la obesidad infantil han sido lentos e irregulares. Esto es debido, en parte, a la amplia diversidad de recomendaciones y normativas existentes hoy en día para hacer frente al problema de la obesidad infantil, puesto que resulta muy difícil realizar unas

directrices unificadas. Concluyen que, solamente adoptando un enfoque multisectorial a través de un conjunto amplio e integrado de intervenciones que combatan el entorno obesogénico, la dimensión del curso de vida y el sector educativo, podrán lograrse progresos sostenidos.⁶

Esta realidad pone de manifiesto la necesidad de contribuir con nuevos estudios desde un punto de vista integrado e interdisciplinar, que consigan llenar el vacío existente en esta área y que puedan tratar de hacer frente al problema que representa el sobrepeso infantil en la actualidad.

No cabe duda de que la mejor medida preventiva radica en la prevención primaria, es decir, comenzando desde la edad infantil, pues esto supondría una gran mejora en la calidad de vida de la sociedad y conllevaría una reducción importante del gasto sanitario. Si se consigue erradicar el problema antes de que aparezca, los beneficios serían incalculables, no solo a nivel individual, puesto que el sujeto no sufriría todo lo que la obesidad y el sobrepeso conlleva en cuanto a morbilidad, sino que además a nivel poblacional supondría un ahorro muy importante de recursos.

Dada la irrupción de las nuevas tecnologías en la sociedad, se está produciendo un cambio de paradigma en la sociedad actual. De este modo, las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TICS) se están abriendo paso en el mundo sanitario. Este nuevo concepto supone un conjunto de disciplinas científicas, tecnológicas, de ingeniería y técnicas de gestión, que se utilizan en el manejo y procesamiento de información mediante el uso de ordenadores y aplicaciones informáticas. Este concepto se relaciona con el de e-salud, que se define como la aplicación de las TICs en el amplio rango de aspectos que afectan al cuidado de la salud, desde el diagnóstico hasta el seguimiento de los pacientes, pasando por la gestión de las organizaciones implicadas en estas actividades.¹²

En los últimos años, por tanto, estamos asistiendo a una progresiva introducción de las TIC en todos los aspectos de nuestra vida diaria, adquiriendo el plano digital un peso cada vez mayor, y en algunos casos incluso reemplazando al plano físico. A esto contribuyen conceptos como Internet de las Cosas, habilitados por el desarrollo de las tecnologías electrónicas, proporcionando cada vez dispositivos con mayores prestaciones, la mejora de las comunicaciones (mayor ancho de banda, movilidad), y la generalización del uso de aplicaciones y servicios en la nube (posibilitando su uso

en todo momento y en todo lugar). Cabe destacar también la popularización de los dispositivos “*wearables*” de propósito específico que complementan al teléfono inteligente en determinadas aplicaciones o servicios, y muy especialmente en los ámbitos de salud, bienestar y deporte. Otra seña de identidad del asentamiento de las TIC es el fenómeno social. La tecnología no sólo se utiliza como un medio para proporcionar servicios al usuario, sino que se emplea como un mecanismo de interacción con otros usuarios, sobre el que se construyen los servicios. El modelo de red social, si bien inicialmente surgió con una orientación eminentemente lúdica y de propósito general, se ha aplicado también en cuestiones más prácticas, proliferando las redes sociales orientadas a temáticas más específicas como la profesional (*LinkedIn*) o académica (*ResearchGate*), pero también en el ámbito médico podemos encontrar redes sociales específicas como *MedHelp*²⁹, *CureTogether*³⁰ o *PatientsLikeMe*³¹.

Así, se disponen de herramientas innovadoras para intentar hacer frente al problema que supone la obesidad a nivel mundial, utilizando estas nuevas tecnologías. De entre las muchas encontradas, destaca el estudio SPLENDID (Universidad Aristóteles de Salónica) con el uso de sensores para la medición no invasiva de las calorías ingeridas y la actividad física realizada, para promover así hábitos de vida saludables y ayudar a prevenir el sobrepeso. SPLENDID trata de estudiar los parámetros clave en la alimentación y actividad física de cada usuario mediante el desarrollo y la interacción de herramientas tecnológicas. Así, utilizan sensómetros para medir la actividad masticatoria, acelerómetros para cuantificar la actividad física y una báscula electrónica conectada al Smartphone de cada usuario que mide la velocidad de la ingesta de la comida.¹³

Este estudio es sólo uno de los múltiples estudios y proyectos existentes que combinan el conocimiento científico y las nuevas tecnologías que tratan de abordar la prevención y tratamiento de la obesidad y el sobrepeso.

Con estos antecedentes, este Trabajo Fin de Master nace de la fusión de diversos intereses complementarios desde los ámbitos de la Ingeniería Biomédica, la estadística y la medicina con un objetivo común: cubrir una necesidad socio-sanitaria de la población utilizando soluciones preventivas de e-Salud. En líneas generales, la realización de estudios interdisciplinarios preventivos en cualquier área del conocimiento es una necesidad y está siendo, de forma cada vez más frecuente, una

tendencia importante en las comunidades científicas para lograr resolver problemas que no podrían ser solucionados sin la coordinación de distintas disciplinas.

El equipo de trabajo que conforma este proyecto es altamente multidisciplinar y con experiencia en todos los ámbitos del conocimiento que garantizan su capacidad para desarrollar el proyecto. Entre los múltiples participantes cabe destacar:

- Unidad de Endocrinología Pediátrica del Servicio de Pediatría del Hospital Universitario Infantil Miguel Servet (HUMS): especializado en crecimiento y desarrollo, tanto adecuado como en sus variantes y alteraciones patológicas, así como en la detección precoz de enfermedades potencialmente prevenibles y/o tratables, entre otras disciplinas.

- Grupo HOWLab - Human OpenWare Laboratory: especializados en machine learning, Internet de las Cosas, sistemas e-Health, desarrollo de wearables, redes sociales, diseño de interacción con usuario y metodologías de innovación centrada en usuario, entre otras disciplinas.

2. OBJETIVOS:

2.1. Objetivo principal:

- Desarrollar una fórmula matemática que permita identificar de forma precoz el riesgo de desarrollar obesidad o sobrepeso en la población infantil.

2.2 Objetivos secundarios:

- Introducción de los modelos obtenidos en una herramienta más útil y accesible a la población general haciendo uso de las TICS mediante el desarrollo de una aplicación móvil que permita la introducción de datos antropométricos.
- Desarrollar recomendaciones dietéticas y de ejercicio físico de uso en la aplicación móvil, en función de los datos introducidos por cada uno de los usuarios.

3. MATERIAL Y MÉTODOS:

3.1. Estudio antropométrico.

Se trata de un estudio realizado a partir de un estudio longitudinal de crecimiento y desarrollo realizado sobre población sana¹⁴, consistente en la medida de 14 parámetros antropométricos obtenidos desde el nacimiento, a los 3, 6, 9, 12, 18 y 24 meses de vida y posteriormente cada año hasta los 18 años de edad en 141 niños y 139 niñas, previo consentimiento de los pacientes para que aparezcan los datos de dicho estudio.

Los datos fueron proporcionados en formato Excel. Dada la complejidad y amplitud temporal del estudio realizado, la base de datos no está completa en su totalidad y presenta varios datos ausentes. Contiene una serie de datos ausentes asociados a personas que en su día no asistieron a determinadas consultas. Además, algunos individuos se dieron de baja antes de terminar el estudio (antes de finalizar su crecimiento), por lo que pudimos contar con datos completos de 122 niños y 120 niñas.

Los parámetros recogidos en cada exploración son los siguientes: peso (kg), longitud/talla (cm), talla sentada (cm), pliegue tricipital (mm), pliegue subescapular (mm), longitud biacromial (cm), diámetro bicrestal (cm), perímetro del brazo (cm), perímetro cefálico (cm), diámetro biparietal (cm), diámetro frontooccipital (cm), perímetro torácico (cm) y perímetro abdominal (cm). Se han utilizado además los siguientes parámetros: el Índice de Masa Corporal ($IMC = \text{peso kg} / \text{talla}^2 \text{ m}^2$), *waist to heigh ratio* (perímetro abdominal cm / talla cm) y *waist to hip ratio* (perímetro abdominal cm / perímetro de cadera).

Para definir sobrepeso se han usado la unión del parámetro IMC junto con el perímetro abdominal, por tanto, se ha considerado cuando ambos fueron superiores a la media más una desviación estándar con respecto a la media de la población.

3.2. Estudio estadístico

Para la obtención de los modelos estadísticos, es necesario definir una respuesta para cada sujeto expresada como una variable binaria (en este caso el sobrepeso):

- “0”: El individuo no presenta sobrepeso
- “1”: El individuo presenta sobrepeso

Según la OMS, un niño presenta sobrepeso si su IMC es superior a la media más una desviación estándar ($M + 1SD$) de la base de datos de la OMS y sería obeso si fuera superior a la media más dos desviaciones estándar ($M + 2SD$) para la edad correspondiente. Sin embargo, se encontraron varios motivos por los cuales se consensuó utilizar la base de datos longitudinal del estudio de Andrea Prader para este estudio y modificar los criterios diagnósticos de obesidad, utilizando así la base de datos disponible. Entre ellos se encuentran

- La base de datos utilizada por la OMS es demasiado extensa en cuanto a tipo de población.
- Existen diferencias entre el estudio longitudinal de la Fundación Andrea Prader, centrado en la población de Aragón, y el estudio multicéntrico de la OMS, debido a los diferentes criterios para la selección de los participantes: poblacional en la base de datos de la fundación y socioeconómico y nutricional en el estudio de la OMS ¹⁵

Así, se decidió utilizar los siguientes criterios de obesidad: se estableció que un niño era diagnosticado con sobrepeso si presentaba un IMC y un perímetro abdominal superior a la media más una desviación estándar ($M + 1SD$) de la base de datos en el mismo instante temporal. A este valor de $M + 1SD$ le vamos a llamar umbral de respuesta. Este nuevo criterio servirá para hacer una clasificación más precisa, completa y ajustada a la realidad de los niños que tienen sobrepeso

Para disponer de una base de datos lo más completa posible se decidió incluir una serie de nuevos parámetros relevantes para la detección del sobrepeso. Dichos parámetros son el índice de masa corporal (IMC), el *waist-to-height ratio* (*wtheight*) y el *waist-to-hip ratio* (*wthip*). Puesto que el IMC como único índice para estudiar la obesidad o el sobrepeso no tiene en cuenta la masa ósea, muscular o la cantidad de grasa corporal, se decidieron incluir estos dos parámetros que se calculan a partir de otras medidas incluidas en este estudio:

- *waist-to-height ratio*, definido como el cociente entre perímetro abdominal (cm) y altura (cm)

- *waist- to-hip ratio*, definido como el cociente entre el perímetro abdominal (cm) y el perímetro de la cadera (cm). En este último parámetro, interviene el perímetro de la cadera, de la cual no se disponen los datos en la base de datos, con lo que se plantea utilizar el parámetro más semejante, que es el diámetro bicrestal. De esta forma, se introduce una medida indirecta del perímetro abdominal, parámetro fundamental para el estudio en la detección del sobrepeso u obesidad.

Se ha seleccionado un corte de edad a partir de la cual el modelo de regresión logística predice el riesgo de un individuo de presentar sobrepeso/obesidad a los 10 años. Esta edad ha sido los 3 años (t_0), analizando los diferentes parámetros hasta este momento, tanto en cada exploración, como sus variaciones entre ellas.

Las razones de haber elegido los 3 años tienen que ver con el desarrollo natural del niño durante los primeros años de vida. En este sentido, a esta edad todos los niños han adquirido unos hábitos de vida y alimenticios que ya tienen establecidos, facilitando un crecimiento natural del cuerpo, y que están lejos del tipo de alimentación proporcionada al niño durante los primeros meses de vida. Además, por otra parte, existe un grupo de neonatos denominado “pequeños” para la edad gestacional, que nace con menor peso que la media. Dichos sujetos van recuperando peso a lo largo del tiempo progresivamente y a los 2 años se considera que ya han desarrollado el conocido como *catch-up* espontáneo en el que recuperan cierto peso de forma “natural”.

El *software* utilizado para crear el algoritmo es MATLAB, desarrollado por *MathWorks*¹⁰. Esta herramienta ofrece la posibilidad de realizar cálculos matemáticos y análisis exhaustivo de datos así como la visualización de los mismos. Asimismo, se ha utilizado un *cluster* de computación de alto rendimiento llamado HERMES, que permite la realización de cálculos en paralelo, sin tener que esperar a finalizar uno para llevar a cabo el siguiente.

Dada la gran cantidad de datos y el problema multivariante a abordar, se decide recurrir al modelo de regresión logística. Ésta es una técnica de modelado estadístico que puede ser usada para describir la relación de varias variables con una variable dependiente dicotómica y, por eso, es el procedimiento de modelado más usado para analizar datos epidemiológicos cuando la enfermedad medida se puede expresar

como presente o no presente. Este modelo está diseñado para describir una probabilidad, la cual es siempre un número entre 0 y 1. En términos epidemiológicos, dicha probabilidad representa directamente el riesgo de que un individuo presente la enfermedad, en este caso sobrepeso. El modelo logístico es adecuado para el Estudio Longitudinal del cual disponemos, pues tenemos una gran cantidad de variables observadas para un grupo de sujetos y tenemos también una respuesta conocida para cada sujeto, que para este caso es de tipo binario e indica si el niño del estudio presenta sobrepeso entre los 4 y los 13 años.

Mediante regresión logística, se ha creado un modelo diseñado para describir la probabilidad o riesgo de que un individuo presente sobrepeso a partir de sus datos antropométricos de los 3 primeros años de vida.

Debido a la gran cantidad de variables existentes, se ha usado la técnica *stepwise* para reducir el número de ellas que van a estar contenidas en el modelo y así evitar que esté sobreparametrizado. Con esta técnica, las variables son seleccionadas por inclusión o exclusión del modelo en un procedimiento secuencial basado sólo en criterios estadísticos. Esta técnica incluye o excluye una variable del modelo en función de una regla de decisión basada en su significación y seguidamente estima los nuevos parámetros de ajuste del modelo y sus propiedades, por lo que nos permite recorrer una cantidad muy grande de modelos distintos usando únicamente variables estadísticamente significativas

Para medir la significación estadística de cada variable y su posible exclusión o inclusión del modelo se ha usado el test cociente de verosimilitud o *Likelihood Ratio test* (LR). Dicho test se usa para comparar el ajuste de dos modelos, siendo uno de ellos un caso particular del otro. En este caso, se trataría de comparar un modelo sin una variable (modelo reducido) y un modelo con esa variable añadida (modelo completo). De esta forma podríamos comprobar la mejora que supone para el modelo el introducir o remover dicha variable. Finalmente, elegiremos para introducir en el modelo aquella variable cuyo p-valor asociado sea menor, trabajando con un nivel de significación 0,05, siguiendo las recomendaciones estadísticas.

Posteriormente, se ha usado el Test de Wald para conocer la significación de cada variable dentro del modelo estadístico, una vez diseñado. Dicho estadístico se calcula dividiendo el valor del parámetro estimado (β) entre su error estándar, información que aparece en MATLAB como tStat

Además, se ha llevado a cabo la detección de “*outliers*” o datos atípicos, causados por errores de medición o la heterogeneidad intrínseca de los parámetros observados, para poder excluirllos y contar así con una base de datos libre de errores que puedan afectar a la obtención de los modelos estadísticos. Los outliers por tanto, son aquellas observaciones que parecen haberse generado de forma distinta al resto de los datos. Éstos pueden ser causados por errores de medición o transcripción, cambios en instrumento de medición o a la heterogeneidad intrínseca de los elementos observados. La detección de outliers se hará en las medidas reales de los 14 parámetros originales, ignorando tanto los 3 parámetros añadidos a partir de medidas ya existentes (IMC, wtheight y wthip) como los datos interpolados.

Para poder evaluar la validez estadística de los modelos se ha utilizado la técnica de la validación cruzada: se usa un individuo como sujeto de prueba, mientras que el resto de individuos son usados como sujetos de entrenamiento del modelo. Para cada sujeto extraído se compara la respuesta predicha con la conocida, y se establece un valor umbral a partir del cual la predicción se considera como positiva. A continuación se obtiene el porcentaje de aciertos y errores para cada situación posible y se representan dichos porcentajes en una tabla de aciertos. Es en esta tabla donde se comparan los modelos entre sí y se elige cuál es el más competitivo, proporcionando un equilibrio entre la validez estadística y la validez médica.

Por último, se aplica cada modelo a una curva ROC, que sirve para evaluar la calidad del mismo. La curva ROC se define como la representación gráfica de la sensibilidad (*sensitivity*) frente a la 1-especificidad ($1 - \textit{specificity}$) a partir de la variación del umbral de discriminación.

Aplicado al modelo logístico, la sensibilidad representa la proporción de aciertos positivos (predecimos sobrepeso y acertamos) o *true positive rate* (TPR) mientras que la especificidad representa la proporción de aciertos negativos (predecimos no sobrepeso y acertamos) o *false positive rate* (FPR). Así pues, cuando representamos 1-especificidad, estamos representando la proporción de falsos positivos (predecimos sobrepeso y fallamos). A partir de estas premisas, está claro que se pretende que el modelo tenga sensibilidad y especificidad próximas a 1, es decir, 1-especificidad próximo a 0. Cuanto más se acerque la *ROC curve* a dichos valores, mejor comportamiento discriminatorio tendrá el modelo. Relacionado con este razonamiento, podemos medir el área que existe bajo la *ROC curve*, denominado *area under the curve* (AUC) o *area under the ROC curve* (AUROC).

El área bajo la curva mide la discriminación de un modelo, es decir la habilidad de éste para clasificar correctamente a aquellos sujetos con o sin sobrepeso; así, cuanto más se acerque a 1, más discriminador será el modelo. Lo esperable de un buen modelo clasificatorio es que tenga la propiedad de dar una mayor probabilidad a los aciertos positivos que a los falsos negativos, es decir, esperamos una mayor sensibilidad que 1-especificidad. De forma más genérica, podríamos decir que la calidad óptima de un modelo clasificatorio viene determinada por: una alta fiabilidad en los resultados, una alta sensibilidad de detección y una baja proporción de falsos negativos.

De esta forma, la construcción de los modelos se realiza de la siguiente manera: el algoritmo comienza realizando una selección de variables consecutiva mediante la técnica *stepwise* sobre el *dataset* de entrada hasta lograr un ajuste perfecto o hasta que la técnica no encuentra camino de mejora. Con estas variables seleccionadas, se crea un modelo estadístico y se estudia la significación de las variables para ir eliminando las variables que presenten un p-valor asociado al test de *Wald* mayor que 0,05, eliminando primero la que mayor p-valor presente y así sucesivamente hasta contar con un modelo con todas las variables significativas. Este primer modelo (y su tabla de CV) son guardados como modelo operativo y, más adelante, se le realizará un análisis de sensibilidad.

En el caso de que el modelo esté compuesto sólo por un tipo de variables, las variables contenidas en el modelo pasan a ser preseleccionadas para su posterior uso. Siempre se van a preseleccionar todas las variables seleccionadas mediante *stepwise* o *step*, aunque hayan sido eliminadas por el análisis de significación. El siguiente paso es realizar una nueva selección de variable candidata a entrar al nuevo modelo mediante un solo *step* con el mismo *dataset* con el que se ha realizado el primer *stepwise*. Así, se selecciona la variable con menor p-valor asociado al test LR para ser incluida en el nuevo modelo y esta variable sólo será incluida en él si aporta nueva información, es decir, si no ha sido ya preseleccionada. Tras la incorporación de esta nueva variable, se vuelve a realizar un nuevo análisis de significación de las variables contenidas en el modelo, eliminando, si es necesario, las no significativas, siempre de una en una. Cuando el modelo ya no contiene variables no significativas, se guarda el modelo junto con su CV para el posterior análisis de sensibilidad y el proceso se repite hasta que la variable seleccionada por el *step* no aporte nueva información, lo que indicará que el algoritmo ya no es capaz de encontrar un modelo mejor.

Sin embargo, para el caso de que el modelo pueda contener variables de varios tipos, el proceso difiere en la parte de la realización del *step* para seleccionar nuevas candidatas a entrar al modelo. En este caso, además, cabe la posibilidad de que el modelo esté compuesto por variables de dos tipos o de tres tipos, lo cual habrá que tener también en cuenta a la hora de construir los *datasets* auxiliares. Estos *datasets* contendrán las variables incluidas en el primer modelo obtenido mediante *stepwise* además de todas las variables de un mismo tipo.

La fórmula obtenida está formada por diferentes parámetros:

- Coeficiente estimado (α): es el coeficiente estimado para cada predictor del modelo estadístico.
- SE (β): error estándar para cada predictor.
- tStat: estadístico del test de Wald, que indica que un término es más significativo cuanto más alejado esté de 0.
- p-valor asociado al estadístico de Wald: se considera que un término es significativo si su p-valor está por debajo de 0,05.

3.3 Creación de una plataforma on-line interactiva:

Sistema interactivo de representación gráfica on-line en un entorno de seguimiento antropométrico del crecimiento infantil y juvenil.

Desarrollo de un entorno web automatizado, diseñado para el seguimiento natural de tendencias antropométricas junto con la posibilidad de obtención de feed-back de datos, gráficas, informes, etc.

Además de recoger e introducir datos antropométricos y realizar una representación gráfica de los mismos, esta plataforma online nace con el propósito de poder realizar también un análisis de estos datos y poder así enviar al usuario notificaciones en función de los datos introducidos.

Esta plataforma on-line interactiva debe permitir recoger datos médicos mediante la inclusión de referencias médicas fiables y recomendaciones nutricionales, las cuales han sido proporcionadas y estudiadas por la Unidad de Endocrinología Pediátrica del Hospital Miguel Servet.

Se establecieron los siguientes requisitos para el desarrollo de esta plataforma on-line:

- La plataforma debe poder ser accesible desde cualquier lugar.
- La plataforma debe permitir recoger datos en un entorno antropométrico.
- La plataforma debe contar con una interfaz gráfica que permita realizar un seguimiento natural del crecimiento infantil.
- El diseño debe poder ser entendido por cualquier usuario.
- La plataforma debe respetar la mayor cantidad de funcionalidades en dispositivos móviles.
- El portal debe permitir el registro de usuarios.
- Los usuarios podrán asociar hijos/as a su ficha de usuario.
- Deberá recogerse el rol de gestor que permita visualizar diferentes usuarios y sus respectivos hijos/as.
- La plataforma deberá conectarse a una base de datos que tenga almacenados los usuarios así como los datos de referencia para el seguimiento antropométrico.
- Debe ser posible la inserción, actualización y/o eliminación de datos de carácter antropométrico en las fichas de cada niño/a.
- Debe permitirse la recogida de datos de manera anónima para utilizarse en futuros estudios de crecimiento.
- El registro de usuarios debe poder realizarse con e-mail o con una cuenta de *Facebook* o *Google*.
- Los datos y representaciones gráficas deben poder ser compartidas por el usuario en diferentes formatos.
- La plataforma debe contener un aviso legal, accesible en cualquier momento, en el que se especifique el trato que se va a realizar de los datos contenidos.
- La plataforma debe contar con un panel de mando que resuma la actual situación del niño/a.
- El usuario debe poder compartir la web a través de diferentes redes sociales.
- Las curvas de representación deben permitir contar con una colorimetría característica para cada parámetro y/o franja de percentiles. Tomando como referencia el Estudio de Crecimiento, Carrascosa. 2010 [25]

- La representación gráfica debe permitir puntos de información que contengan datos tales como la fecha de toma de la medida, la edad del niño, el valor del percentil, etc.
- Debe limitarse tecnológicamente el acceso a los datos almacenados en la plataforma a toda persona ajena a estos.
- Debe hacerse uso de las tablas de crecimiento antropométrico del HUMS.
- El usuario ha de disponer de acceso a internet para acceder a la plataforma.
- El usuario ha de disponer de un terminal móvil, PC, portátil y/o *Tablet* para acceder a la plataforma.
- La plataforma debe contar con un diseño cercano a las reglas de *Material Design* de Google.
- La plataforma debe tener un diseño adaptativo (responsive) en función de la pantalla utilizada

Para realizar el diseño de esta plataforma se analizaron las posibles maneras de almacenamiento de datos antropométricos y tablas de referencia. Finalmente se decidió que los datos a almacenar iban a ser los siguientes:

- Tablas de referencia:
 - o Identificador del tipo de gráfica a la que pertenece la tabla de referencia (Bebés, Niños, Adultos)
 - o Sexo a la que pertenece (Masculino, Femenino)
 - o Tipo de medida a la que van asociadas las tablas de referencia (Peso, Talla, Perímetro, IMC y Velocidad de crecimiento)
 - o Atributos de series temporales: *Array* de cada línea de referencia dentro de cada objeto, de manera que pueda obtener de manera directa este *array* (matriz) y se pueda ofrecer directamente para el consumo de datos del módulo *core/charts*
- Exploración de pacientes:
 - o Identificador de paciente (*patient ID*)
 - o Año en el que se obtuvieron estas medidas (para agrupar por series temporales)
 - o *Array* de exploraciones:
 - Fecha de exploración
 - Edad del paciente a fecha de exploración

- Observaciones
- Peso (Kg)
- Altura (Metros)

Tal y como se ha comentado previamente, es importante aclarar que el trabajo consistente en la creación de esta plataforma *online* no cobra sentido sin la incorporación de datos reales al sistema, por lo que el desarrollo del sistema gráfico irá estrechamente ligado a la generación de un sistema de tratamiento de datos, el cual permitirá dar sentido al algoritmo de categorización de pacientes.

Mediante el estudio de medidas antropométricas basadas en el estudio longitudinal de crecimiento y desarrollo previamente nombrado¹⁴, se han creado unas tablas de contingencia consistentes en la recogida de todas las variaciones posibles de peso. Estas variaciones son medidas recogidas en desviaciones estándar respecto al peso medio, desde el nacimiento hasta los 18 años. Así, se han obtenido todas las posibilidades existentes, tanto en forma de aumento como de disminución, de variaciones respecto al peso en cada momento de la vida hasta los 18 años.

Además, en función de los resultados obtenidos al introducir los datos en la aplicación, se han desarrollado también una serie de recomendaciones y sugerencias para tratar de implementar el uso de la misma. Así, si el usuario tendrá la posibilidad de recibir consejos dietéticos y de ejercicio físico para tratar de mejorar su salud o la del usuario introducido. Del mismo modo, para cada etapa de la vida se han creado también unos documentos que aparecen a modo de avisos en la aplicación con las recomendaciones necesarias tanto nutricionales como de ejercicio físico para dicha etapa y tratar así también de promover hábitos de vida saludables.

Teniendo todas las posibilidades recogidas, al introducir un algoritmo con estos datos en la plataforma online, quedarían cubiertas todas las posibilidades de variaciones de datos con respecto al peso que podrían introducir los usuarios, y se podrían responder y analizar cualquier dato con respecto a estas medidas que se vaya a introducir.

De esta forma se han proporcionado estos datos para que los ingenieros informáticos puedan introducir dichos datos en la plataforma web y realizar así el trabajo de forma paralela y conjunta a la realización de este Trabajo Fin de Master.

4. RESULTADOS.

4.1. Estudio estadístico.

La ecuación que resume la probabilidad de que un individuo presente sobrepeso a los 10 años de edad es la siguiente:

$$P(\text{sobrepeso}) = \frac{1}{1 + e^{-(\alpha + \sum \beta_1 X_1)}}$$

El uso de la fórmula se explica de la siguiente manera:

- α : este término se denomina *intercept* y es un término independiente .
- $\sum \beta_1 X_1$: es el sumatorio del producto del valor de cada variable con su coeficiente estimado.

Puesto que en este estudio se han obtenido dos modelos, uno para varones y otro para mujeres, se explicará cada uno de forma independiente.

Al aplicar un modelo de regresión logística, además de la fórmula, se obtiene una tabla de datos, en la que se explicará el significado e interpretación de los parámetros de salida relevantes para este análisis previo a la interpretación de cada modelo de forma independiente. Así, en las tablas obtenidas se observan los siguientes datos:

- Dentro de la primera columna aparecen los coeficientes estimados para cada predictor del modelo estadístico. Dichos coeficientes tienen la dimensión de los parámetros a los que se refieren (kg, cm, mm, kg/m², etc.) por lo que no pueden ser comparados entre sí y será necesario utilizar otra variable matemática.
- En la segunda columna se muestra el error estándar (*standard error*, SE) para cada predictor, nuevamente referido a la dimensión de su predictor.
- En la tercera columna, observamos el valor de la estadística de *Wald* (*tStat*). En este caso sí que podemos utilizar dicho valor para comparar predictores, ya que es adimensional. La estadística de *Wald* indica que un término es más significativo cuanto más alejado esté de 0.
- En la cuarta columna aparece el p-valor asociado al estadístico de *Wald*. El criterio que utilizaremos para establecer que un término es

significativo, es que su p- valor se sitúe por debajo de 0,05. Asimismo, un predictor será más significativo cuanto más se acerque su p-valor a 0.

4.1.1. Modelo de Mujeres:

Parámetros antropométricos predictores del modelo de mujeres.

	Coeficiente estimado (β)	SE (β)	tStat	p-valor
Intercept (α)	0	-	-	-
lmc3	25,4662	8,2894	3,0722	0,0221
lmc2_75	-19,1074	6,7267	-2,8405	0,0045
tallaS1_5	-3,3415	1,1794	-2,8333	0,0046
wthip0	-10,9374	3,9479	-2,7705	0,0056
pTri0_75d025	2,6447	0,9994	2,6463	0,0081
Talla1_25	1,6515	0,6356	2,5984	0,0094
pBra0_25	-2,9011	1,1602	-2,5005	0,0124
pCef0_25	-1,5789	0,6450	-2,4478	0,0144
dBia0_75d075	4,0726	1,7218	2,3653	0,0180
dBia2	2,5140	1,1082	2,2684	0,0233

Tabla 4.1. Tabla de coeficientes para el modelo de mujeres.

En este caso, el modelo se compone de 10 predictores que son:

- Intercept: en este caso, el término intercept es 0
- lmc3: índice de masa corporal medido a los 3 años
- lmc2_75: índice de masa corporal medido a los 2 años y 9 meses
- tallaS1_5: talla sentada medida al año y 6 meses
- wthip0: Waist-to-hip ratio medido en el nacimiento
- pTri0_75d025: diferencia entre el pliegue tricipital medido a los 9 meses y el medido a los 6 meses
- talla1_25: talla medida al año y 3 meses
- pBra0_25: perímetro del brazo medido a los 3 meses
- pCef0_25: perímetro cefálico medido a los 3 meses.
- dBia0_75d075: diferencia entre el diámetro biacromial medido a los 9 meses y el medido en el nacimiento
- dBia2: diámetro biacromial medido a los 2 años

De este modo, se han pasado de tener más de 600 variables potenciales predictoras a utilizar solo 10. A efectos prácticos de medida, supondría tomar un total de 15 medidas a lo largo de los 3 primeros años de vida de la niña.

La variable más influyente es el índice de masa corporal medido al año 3 de vida.



Figura 4.1. Diagrama de los predictores del modelo de mujeres

En cuanto a la tabla de validación cruzada, los porcentajes obtenidos son también considerablemente elevados, con lo que en este sentido el modelo es muy satisfactorio.

Respecto a la interpretación de esta tabla, debemos de tener en cuenta una consideración médica: no tienen la misma relevancia los falsos positivos y los falsos negativos. La razón es que no tienen la misma importancia clínica. Es decir, si predecimos que una niña que va a tener sobrepeso y luego en realidad no lo tiene (falso positivo), la familia tomará medidas al respecto para prevenir el desarrollo del problema, aunque sean en vano y al final no lo desarrolle.

Sin embargo, si predecimos que no va a tener sobrepeso pero finalmente sucede que sí (falso negativo), tal error en el diagnóstico sería trascendental ya que no se tomaría ninguna medida preventiva y la niña acabaría teniendo sobrepeso.

		No sobrepeso	Sí sobrepeso
Realidad	No sobrepeso	92,13%	7,87%
	Sí sobrepeso	8,7%	91,3%

Tabla 4.2. Tabla de validación cruzada para el modelo de mujeres.

El modelo presenta una sensibilidad del 96.65% y una especificidad del 92.13%, con un valor predictivo positivo del 92.3% y valor predictivo negativo del 95.8%. Al poner los resultados en la curva ROC se observa en el eje X la tasa de falsos positivos y en el eje Y la tasa de aciertos positivos. En cuanto a las líneas representadas, podemos observar tres diferentes. La línea diagonal simboliza la discriminación aleatoria. Por otra parte, los puntos representan los valores propios de la curva ROC, correspondientes a ir variando el umbral de decisión. Finalmente, la línea curva es un ajuste de los datos de la ROC mediante mínimos cuadrados.

Los parámetros de la curva ROC para el modelo de mujeres son:

- Área bajo la curva (AUC): 0.9377.
- Error estándar (SE): 0,03558
- Intervalo de confianza del 95% = [0,8675 – 1]. El intervalo de confianza (Confidence Interval, CI) se define como el conjunto de valores entre los que la verdadera área bajo la curva está con una confianza del 95%. Así, los extremos del CI obtenido están lo suficientemente próximos a 1 para asegurar que la discriminación del test es de muy buena a excelente. Se calcula según la ecuación: $CI = AUC \pm 1,96 \times SE$

Esto implica una calidad discriminatoria excelente

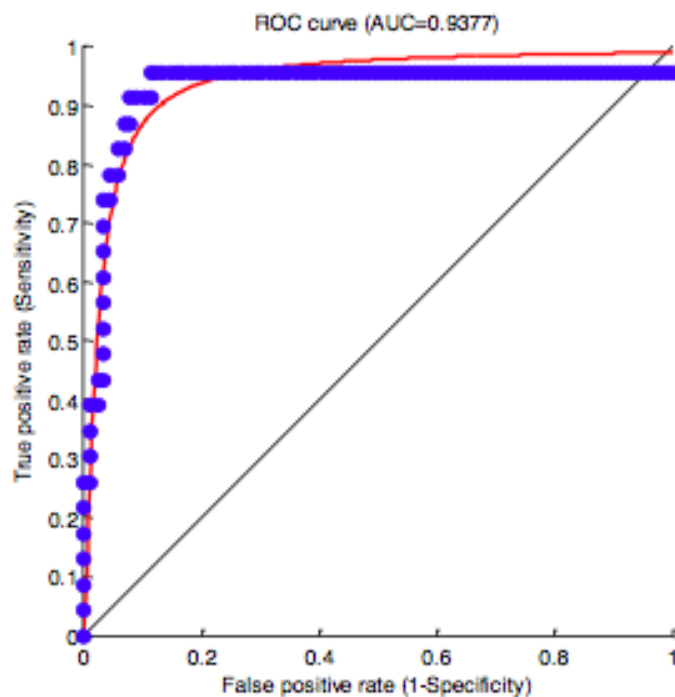


Figura 4.2. Curva ROC para el modelo de mujeres.

4.1.2. Modelo de varones:

Parámetros antropométricos predictores del modelo de varones.

	Coeficiente estimado (β)	SE (β)	tStat	p-valor
Intercept (α)	-27,3543	8,9882	-3,0434	0,0023
dBia0_75d025:dBic3d025	27,9645	9,2421	3,0258	0,0025
Wthip0_5d025:tallaS1d025	-23,7834	8,0423	-2,9573	0,0031
dBic1d1	4,8652	1,6642	2,9234	0,0035
pMus2_75d025	12,2667	4,3996	2,7881	0,0053
dBic0_5d025	-7,8747	2,9689	-2,6524	0,0080
pSub2_25d025	-34,3391	13,330	-2,5761	0,0100
pSub2_25d025:pMus2_75d025	48,9172	20,5487	2,3805	0,0173
pMus1_5d1	-0,8233	0,3690	-2,2315	0,0256
dBia0_75d025	-3,0773	1,3848	-2,2222	0,0263
tallaS1_25d025	-2,5331	1,3187	-1,9209	0,0547

Tabla 4.3. Tabla de coeficientes para el modelo de varones.

En este caso tenemos un total de 10 parámetros que son:

- Intercept: término independiente.
- dBic1d1: diferencia entre el diámetro bicestral medido al año y el medido al nacer.
- pMus1_5d1: diferencia entre el perímetro del muslo medido al año y 6 meses y el medido a los 6 meses.
- dBic0_5d025: diferencia entre el diámetro bicestral medido a los 6 meses y el medido a los 3 meses.
- dBia0_75d025: diferencia entre el diámetro biacromial medido a los 9 meses y el medido a los 6 meses.
- pSub2_25d025: diferencia entre el pliegue subescapular medido a los 2 años y 3 meses y el medido a los 2 años.
- pMus2_75d025: diferencia entre el perímetro del muslo medido a los 2 años y 9 meses y el medido a los 2 años y 6 meses.
- tallaS1_25d025: diferencia entre la talla sentada medida al año y 3 meses y la medida al año.
- wthip0_5d025:tallaS1d025: interacción (producto) de la diferencia entre el waist-to-hip ratio medido a los 6 meses y el medido a los 3 meses con la diferencia entre la talla sentada medida al año y la medida a los 9 meses.
- pSub2_25d025:pMus2_75d025: interacción (producto) de la diferencia entre el pliegue subescapular medido a los 2 años y 3 meses y el medido a los 2 años con la diferencia entre el perímetro del muslo medido a los 2 años y 9 meses y el medido a los 2 años y 6 meses.
- dBia0_75d025:dBic3d025: interacción (producto) de la diferencia entre el diámetro biacromial medido a los 9 meses y el medido a los 6 meses con la diferencia entre el diámetro bicestral medido a los 3 años y el medido a los 2 años y 9 meses.

La variable que mayor impacto tiene en la estimación del riesgo es la interacción de la variación que presenta el pliegue subescapular entre los 2 años y 2 años y 3 meses, asociado a la diferencia existente entre el perímetro de muslo medido a los 2 años y 6 meses con el medido a los 2 años y 9 meses.

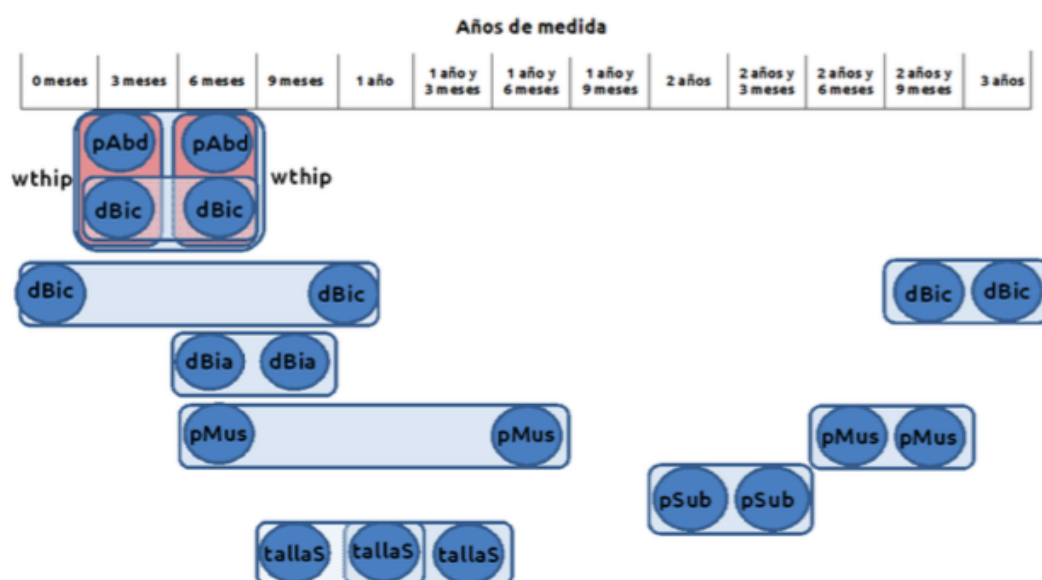


Figura 4.3. Diagrama de los predictores del modelo de varones.

En este caso, se vuelve a reducir el número de predictores de más de 600 a 10, y se deberán tomar un total de 19 medidas a lo largo de sus primeros tres años de vida para poder predecir su riesgo de padecer sobrepeso utilizando este modelo.

Usando el test de Wald en este modelo, se puede observar que todos los valores están por debajo de 0.05, a excepción de la diferencia de talla sentada medida al año y 3 meses y la medida al año. Se ha mantenido esta variable dentro del modelo porque al hacer un análisis de sensibilidad se comprobó que su extracción suponía un empeoramiento considerable en la tabla de aciertos y en la de validación cruzada.

En cuanto a la tabla de validación cruzada, los porcentajes obtenidos son similares a los correspondientes para el modelo de mujeres, con lo que este modelo es igual de satisfactorio. Es necesario analizar los porcentajes de los fallos dentro del modelo recordando que es más importante minimizar los falsos negativos que los falsos positivos. Así pues en este caso, el modelo predice correctamente a un total de 91,86% de niños que no iban a presentar sobrepeso y a un 92,59% de niños que sí lo iban a presentar. Respecto a los fallos de predicción, un 8,14% de los sujetos sin

sobrepeso son falsos positivos, lo que representan 7 niños sobre un total de 86 niños. Por otra parte, un 7,41% de los sujetos con sobrepeso son falsos negativos, lo que representan 2 niños sobre un total de 27 niños.

		No sobrepeso	Sí sobrepeso
Realidad	No sobrepeso	91,86%	8,14%
	Sí sobrepeso	7,41%	92,59%

Tabla 4.4. Tabla de validación cruzada para el modelo de varones.

El modelo presenta una sensibilidad del 96.3% y una especificidad del 94.1%, con un valor predictivo positivo del 94.1% y valor predictivo negativo del 95.9%.

Los parámetros de la curva ROC para el modelo de varones son:

- Área bajo la curva (AUC): 0.9411.
- Error estándar (SE): 0.03229
- Intervalo de confianza del 95% = [0,87881 – 1].

Teniendo en cuenta que el área bajo la curva (AUC) tiene un valor de 0,9411, cercano a 1, podemos decir que el modelo estadístico para varones tiene una capacidad discriminadora excelente.

Asimismo, el error estándar que aparece es un 9,8% inferior al de mujeres. Por último, el intervalo de confianza es más estrecho, siendo su límite inferior un 1,18% superior. Así pues, podemos concluir que basándonos en los resultados mostrados por el análisis de la curva ROC, la capacidad discriminadora del modelo de varones será algo mejor.

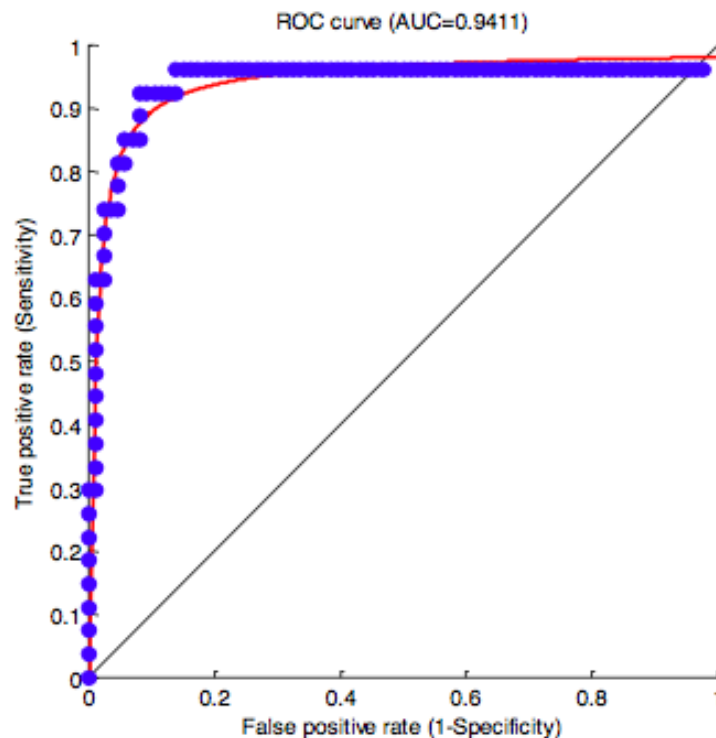


Figura 4.4. Curva ROC para el modelo de varones.

4.2. Creación de una plataforma on-line interactiva:

Para su creación, se ha llevado a cabo el desarrollo de unas tablas de contingencia donde se contemplan todas las posibilidades de variación, medidas en desviaciones estándar, respecto a los parámetros antropométricos medidos de talla, peso e IMC tanto para niños adecuados para la edad gestacional como para niños nacidos pequeños para la edad gestacional. De esta forma, cualquier variación a lo largo de la vida del niño/a introducida queda contemplada y puede ser analizada.

Tanto las variaciones obtenidas en valores absolutos en momentos concretos que se introduzcan dichos datos en la aplicación, así como su tendencia temporal queda contemplada y recogida en dichas tablas. Los datos introducidos en la aplicación son recogidos en tablas de percentiles (tanto de peso, talla como de IMC) y representados de forma gráfica.

Para cada variación de dichos datos, se recogen tres supuestos que quedan reflejados en la aplicación, así como en un código de colores utilizados en la creación de las tablas de contingencia. Así, la introducción de los datos puede significar una tendencia adecuada del crecimiento del niño/a, o bien disminuida o aumentada. En función de

dichos valores, en la aplicación saldrán unos mensajes de alerta para que la persona encargada de introducir los datos del niño/ reciba. Además, se recibirán también mensajes relacionados con los hábitos de vida y nutricionales para tratar de corregir dichas tendencias. En el supuesto de que los datos introducidos sean adecuados, y el crecimiento (tanto de peso, talla como IMC) sea de acuerdo a los percentiles establecidos los mensajes serán de aprobación y de refuerzo de los hábitos de vida y dietéticos que se estén llevando a cabo.

Si la tendencia de los datos es hacia un aumento o una disminución de los percentiles, los mensajes irán encaminados a tratar de variar los hábitos de vida y dietéticos para tratar de frenar el aumento o disminución de dichos datos.

En el caso de que la desviación estándar de los parámetros sea mayor o menor de 2,5 veces de los límites establecidos, las recomendaciones serán además de las anteriormente citadas, acudir al pediatra de referencia para valoración del niño/a.

En los niños nacidos pequeños para la edad gestacional, y en este supuesto, las variaciones estándar respecto a peso y talla para que la recomendación sea acudir al pediatra de referencia serán cuando ésta sea mayor o menor de 2.

A continuación, mostramos unos ejemplos del resultado final de la aplicación creada, así como de las tablas de contingencia y recomendaciones que los usuarios recibirán al hacer uso de la misma. Se pone el ejemplo de las tablas de contingencia creadas para la introducción de datos de peso en niños nacidos con peso adecuado para la edad gestacional.

escala	valor absoluto	0-0.5	0.5-1	1-2	2-3	3-4	4-5	5-6	6-7	7-8	8-9	9-10	10-11	11-12
A	$\geq +2.5$	6	6	6	6	1	1	1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1
B	$[+2.0, +2.5]$	6	6	6	6	1	1	1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1
C	$[+1.5, +2.0]$	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
D	$[-1.5, +1.5]$	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
E	$[-2.0, -1.5]$	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
F	$[-2.5, -2.0]$	10	10	10	10	8	8	8	9.1	9.1	9.1	9.1	9.1	9.1
G	≤ -2.5	10	10	10	10	10	10	10	9.1	9.1	9.1	9.1	9.1	9.1

escala	variación si...	0-0.5	0.5-1	1-2	2-3	3-4	4-5	5-6	6-7	7-8	8-9	9-10	10-11	11-12
a	$\geq +2.5$	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2
b	$[+2.0, +2.5]$	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	3.1	3.1	3.1	3.1	3.1	3.1
c	$[+1.5, +2.0]$	6.1	6.1	6.1	6.1	6.1	6.1	6.1	5.1	5.1	5.1	5.1	5.1	5.1
d	$[-1.5, +1.5]$	6.1	6.1	6.1	6.1	6.1	6.1	6.1	6.1	6.1	6.1	6.1	6.1	6.1
e	$[-2.0, -1.5]$	6.1	6.1	6.1	6.1	6.1	6.1	6.1	7.1	7.1	7.1	7.1	7.1	7.1
f	$[-2.5, -2.0]$	11.1	11.1	11.1	11.1	11.2	11.2	11.2	11.2	11.2	11.2	11.2	11.2	11.2
g	≤ -2.5	11.1	11.1	11.1	11.1	11.1	11.1	11.1	11.1	11.1	11.1	11.1	11.1	11.1

Tabla 4.5. Casuística (listado por edad, en meses): peso en recién nacidos adecuados para la edad gestacional hasta el año de vida

escala	valor absoluto	12-15	15-18	18-21	21-24	24-27	27-30	30-33	33-36
A	$\geq +2.5$	4.2	4.2	4.2	4.2	4.4	4.4	4.4	4.4
B	[+2.0 , +2.5]	4.1	4.1	4.1	4.1	4.3	4.3	4.3	4.3
C	[+1.5 , +2.0]	6	6	6	6	6	6	6	6
D	[-1.5 , +1.5]	6	6	6	6	6	6	6	6
E	[-2.0 , -1.5]	6	6	6	6	6	6	6	6
F	[-2.5 , -2.0]	12.1	12.1	12.1	12.1	12.2	12.2	12.2	12.2
G	≤ -2.5	12.1	12.1	12.1	12.1	12.2	12.2	12.2	12.2

escala	variación si...	12-15	15-18	18-21	21-24	24-47	27-30	30-33	33-36
a	$\geq +2.5$	3.2	3.2	3.2	3.2	3.4	3.4	3.4	3.4
b	[+2.0 , +2.5]	3.2	3.2	3.2	3.2	3.3	3.3	3.3	3.3
c	[+1.5 , +2.0]	6.2	6.2	6.2	6.2	6.2	6.2	6.2	6.2
d	[-1.5 , +1.5]	6.1	6.1	6.1	6.1	6.1	6.1	6.1	6.1
e	[-2.0 , -1.5]	7.2	7.2	7.2	7.2	7.2	7.2	7.2	7.2
f	[-2.5 , -2.0]	12.3	12.3	12.3	12.3	12.3	12.3	12.3	12.3
g	≤ -2.5	12.3	12.3	12.3	12.3	12.3	12.3	12.3	12.3

Tabla 4.6. Casuística (listado por edad, en meses): peso en recién nacidos adecuados para la edad gestacional desde el año de vida hasta los 3 años.

escala	valor absoluto	3-6	6-9	9-12	12-18
A	$\geq +2.5$	4.6	4.9	4.12	4.15
B	[+2.0 , +2.5]	4.5	4.8	4.11	4.14
C	[+1.5 , +2.0]	6	6	6	6
D	[-1.5 , +1.5]	6	6	6	6
E	[-2.0 , -1.5]	6	6	6	6
F	[-2.5 , -2.0]	12.4	12.4	12.4	12.7
G	≤ -2.5	12.5	12.5	12.5	12.8

escala	variación si...	3-6	6-9	9-12	12-18
a	$\geq +2.5$	3.6	3.6	3.6	3.6
b	[+2.0 , +2.5]	4.7	4.10	4.13	4.16
c	[+1.5 , +2.0]	3.5	3.5	3.5	3.5
d	[-1.5 , +1.5]	6.1	6.1	6.1	6.1
e	[-2.0 , -1.5]	7.3	7.3	7.3	7.3
f	[-2.5 , -2.0]	12.6	12.6	12.6	12.9
g	≤ -2.5	12.6	12.6	12.6	12.9

Tabla 4.7. Casuística (listado por edad, en meses): peso en recién nacidos adecuados para la edad gestacional desde los 3 años hasta los 18 años.

A continuación, se explica el significado de cada número aparecido en la tabla de contingencia.

1 1.1	El peso está por encima de lo que nos gustaría. Disminuir número de tomas o cantidad en cada toma, recomendamos control de peso por su pediatra Desde el último control está ganando demasiado peso, trate de disminuir el número de tomas o la cantidad en cada toma, recomendamos control por su pediatra
2.1	El peso está por encima de lo que nos gustaría, trate de disminuir la cantidad de comida, realice solo cuatro comidas principales, no se deben superar los 500-600 ml de lácteos diarios, no ofrecer bebidas azucaradas + recomendamos control por su pediatra.
2.2	Está ganando demasiado peso, trate de disminuir la cantidad de comida, realice sólo cuatro comidas principales, no se deben superar los 500-600 ml de lácteos diarios, no ofrecer bebidas azucaradas. Recomendamos valoración si el peso > + 2 SDS y el IMC > + 2 SDS
3.1	En este tiempo ha ganado más peso de lo esperado, trate de disminuir la cantidad de comida, realice solo cuatro comidas principales, no se deben superar los 500-600 ml de lácteos diarios, no ofrecer bebidas azucaradas, volver a pesar y medir en 15 días y si el peso > + 2 SDS y el IMC > + 2 SDS recomendamos valoración por su pediatra.
3.2	En este periodo de tiempo ha ganado más peso de lo esperado, recomendamos ANEXO1a y volver a pesar en 1 mes. Si el peso > + 2 SDS y el IMC es > + 2 SDS recomendamos valoración.
3.3	En este periodo de tiempo ha ganado más peso de lo esperado. Recomendamos ANEXO2a y volver a pesar en 1 mes. Si peso >+2SDS encuesta ENKID + recomendaciones según los resultados y volver a pesar en 1 mes. Si peso > + 2 SDS y el IMC es > + 2 SDS recomendamos valoración por su Pediatra.
3.4	En este periodo de tiempo ha ganado más peso de lo deseado. Encuesta EnKid + recomendaciones según resultado + pesar en 1 mes. Si el peso > + 2 SDS y el IMC es > + 2 SDS recomendamos valoración por su Pediatra.
3.5	En este periodo de tiempo ha ganado algo más de peso del deseado. Disminuir la cantidad de comida, disminuir el número de raciones, evitar refrescos y bebidas azucaradas. Recomendamos volver a pesar en 1 mes. Recomendaciones en función del valor absoluto que se obtenga.
3.6	En este periodo de tiempo ha ganado más peso del aconsejado. Encuesta EnKid + recomendaciones según resultado + pesar y medir en 2 meses. Si el peso > + 2 SDS y el IMC es > + 2 SDS recomendamos valoración por Pediatra.
4.1	El peso está por encima de lo esperado. ANEXO 1a + volver a

	pesar en 1 mes y si peso > + 2 SDS e IMC > + 2 SDS recomendamos valoración por su Pediatra
4.2	El peso está por encima de lo deseado. ANEXO 1a + control por su pediatra.
4.3	El peso está por encima de lo esperado. ANEXO 2a + encuesta enKid (con recomendaciones tras hacerla)+ volver a pesar y medir en 1 mes y si peso > + 2 SDS e IMC > + 2 SDS recomendamos valoración por su Pediatra.
4.4	El peso está por encima de lo deseado. ANEXO 2a + encuesta enKid (con recomendaciones tras hacerla)+ acudir a su pediatra para valoración
4.5	El peso está por encima de lo deseado. ANEXO 3a+ encuesta enKid+ recomendaciones según EnKid. Volver a pesar y medir en 3 meses, si peso > + 2 SDS e IMC > + 2 SDS recomendamos valoración por su Pediatra
4.6	Cuidado con el peso, está por encima de lo deseado. ANEXO 3a+ encuesta enKid+ recomendaciones según EnKid + recomendamos valoración por pediatra.
4.7	En este periodo ha ganado más peso del deseado. Recomendamos ANEXO 3a y volver a pesar en 1 mes. Si peso >+2SDS, encuesta EnKid + recomendaciones según resultados de la encuesta y volver a pesar y medir en 2 meses. Si peso > + 2 SDS e IMC > + 2 SDS recomendamos valoración por Pediatra.
4.8	El peso está por encima de lo deseado. ANEXO 4+ encuesta enKid+ recomendaciones según EnKid. Volver a pesar y medir en 3 meses, si peso > + 2 SDS e IMC > +2 SDS recomendamos valoración por su Pediatra.
4.9	Cuidado con el peso, está por encima de lo deseado. ANEXO 4 + encuesta enKid+ recomendaciones según EnKid + recomendamos valoración por su Pediatra.
4.10	En este periodo ha ganado más peso del deseado. Recomendamos ANEXO 4 y volver a pesar en 1 mes. Si peso >+2SDS, encuesta EnKid + recomendaciones según resultados de la encuesta y volver a pesar y medir en 2 meses. Si peso > + 2 SDS e IMC > + 2 SDS recomendamos valoración por Pediatra.
4.11	El peso está por encima de lo deseado. ANEXO 5+ encuesta enKid+ recomendaciones según EnKid + volver a pesar y medir en 3 meses, si peso > + 2 SDS e IMC > +2 SDS recomendamos valoración por pediatra.
4.12	Cuidado con el peso, está por encima de lo deseado. ANEXO 5 + encuesta enKid+ recomendaciones según EnKid + recomendamos valoración por pediatra.
4.13	En este periodo ha ganado más peso del deseado. Recomendamos ANEXO 5 y volver a pesar en 1 mes. Si peso >+2SDS, encuesta EnKid + recomendaciones según resultados de la encuesta y volver a pesar y medir en 2 meses. Si peso > + 2

	SDS e IMC > + 2 SDS recomendamos valoración por Pediatra.
4.14	El peso está por encima de lo deseado. ANEXO 6a+ encuesta enKid+ recomendaciones según EnKid + volver a pesar y medir en 3 meses, si peso > + 2 SDS e IMC > +2 SDS recomendamos valoración
4.15	Cuidado con el peso, está por encima de lo deseado. ANEXO 6 a+ encuesta enKid+ recomendaciones según EnKid + recomendamos valoración por su Pediatra.
4.16	En este periodo ha ganado más peso del deseado. Recomendamos ANEXO 6a y volver a pesar en 1 mes. Si peso >+2SDS, encuesta EnKid + recomendaciones según resultados de la encuesta y volver a pesar y medir en 2 meses. Si peso > + 2 SDS e IMC > + 2 SDS recomendamos valoración por Pediatra.
5.1	el peso en este periodo ha variado lo normal pero hay que vigilarlo, trate de disminuir la cantidad de comida, realice solo cuatro comidas principales, no se deben superar los 500-600 ml de lácteos diarios, no ofrecer bebidas azucaradas.
5.2	En este periodo de tiempo ha ganado un poco más de peso de lo deseado. Vigile la cantidad de comida, disminuya las raciones y las bebidas azucaradas. Recomendaciones en función del valor absoluto de peso.
6	ok: tu peso está perfecto, situación adecuada ¡sigue así!
6.1	La ganancia de peso ha sido la adecuada, enhorabena!!
7.1	La ganancia de peso se considera adecuada pero recomendamos añadir cereales en las tomas de leche o aumentar su cantidad, añadir aceite de oliva y patata en los purés
7.2	Ha ganado peso de forma adecuada. Todo va bien, únicamente recomendamos tomar más frutas.
7.3	Ha ganado peso de forma adecuada. Pero se recomienda volver a pesar en 2 meses y en función del resultado (valor absoluto) dar las recomendaciones correspondientes.
8	El peso está algo por debajo de lo que nos gustaría. Aumentar número de tomas diarias o cantidad por toma, volver a pesar en 1 semana, si persisten valores \leq -2 SDS, acudir a su pediatra para valoración. Si > -2SDS todo ok.
9.1	El peso está algo por debajo de lo que nos gustaría. Añadir cereales en las tomas de leche o aumentar su cantidad, añadir aceite de oliva y patata en los purés y volver a pesar en 1 semana y: si valores peso \leq - 2 SDS, recomendamos acudir a su pediatra para valoración. Si > -2SDS todo ok, seguir con estas recomendaciones.
10	El peso está por debajo de lo que nos gustaría. Recomendamos valoración por su pediatra.
11.1	En este periodo ha ganado menos peso del esperado.

	Recomendamos valoración por pediatra.
11.2	En este periodo ha ganado menos peso del esperado. Recomendamos valoración por su Pediatra si peso < - 2 SDS, Si >-2SDS volver a pesar en 15 días y recomendaciones en función del valor absoluto.
12.1	El peso está por debajo del esperado. ANEXO 1b + volver a pesar en 1 mes, si peso \leq -2 SDS recomendamos acudir a su pediatra para valoración. Si > -2SDS todo ok.
12.2 12.3	El peso está por debajo del esperado. ANEXO 2b+ pesar en 1 mes, si peso \leq -2 SDS recomendamos acudir a su pediatra para valoración. Si > -2SDS todo ok. En este periodo ha ganado menos peso del deseado. Dar recomendaciones en función del peso en valor absoluto y recomendar volver a pesar y medir en 1 mes, con recomendaciones en función del valor absoluto que obtenga.
12.4	El peso está por debajo del esperado. ANEXO 3b volver a pesar en 3 meses, si persisten valores \leq -2 SDS recomendamos acudir a su pediatra. Si > -2SDS todo ok.
12.5	El peso está por debajo del esperado. ANEXO 3b, recomendamos nuevo peso en 2 meses y si el peso es \leq - 2 SDS recomendamos valoración. Si > -2SDS todo ok.
12.6	En este periodo ha ganado menos peso del esperado. ANEXO 3b + recomendación en función del valor absoluto de peso.
12.7	El peso está por debajo del esperado. ANEXO 6b volver a pesar en 3 meses, si persisten valores \leq -2 SDS recomendamos acudir a su pediatra. Si > -2SDS todo ok.
12.8	El peso está por debajo del esperado. ANEXO 6b, recomendamos nuevo peso en 2 meses, y si el peso es < - 2 SDS recomendamos valoración. Si > -2SDS todo ok.
12.9	En este periodo ha ganado menos peso del esperado. ANEXO 6b + recomendación en función del valor absoluto de peso.

Tabla 4.8. Leyenda (significado del código de colores): peso niños adecuados para la edad gestacional.

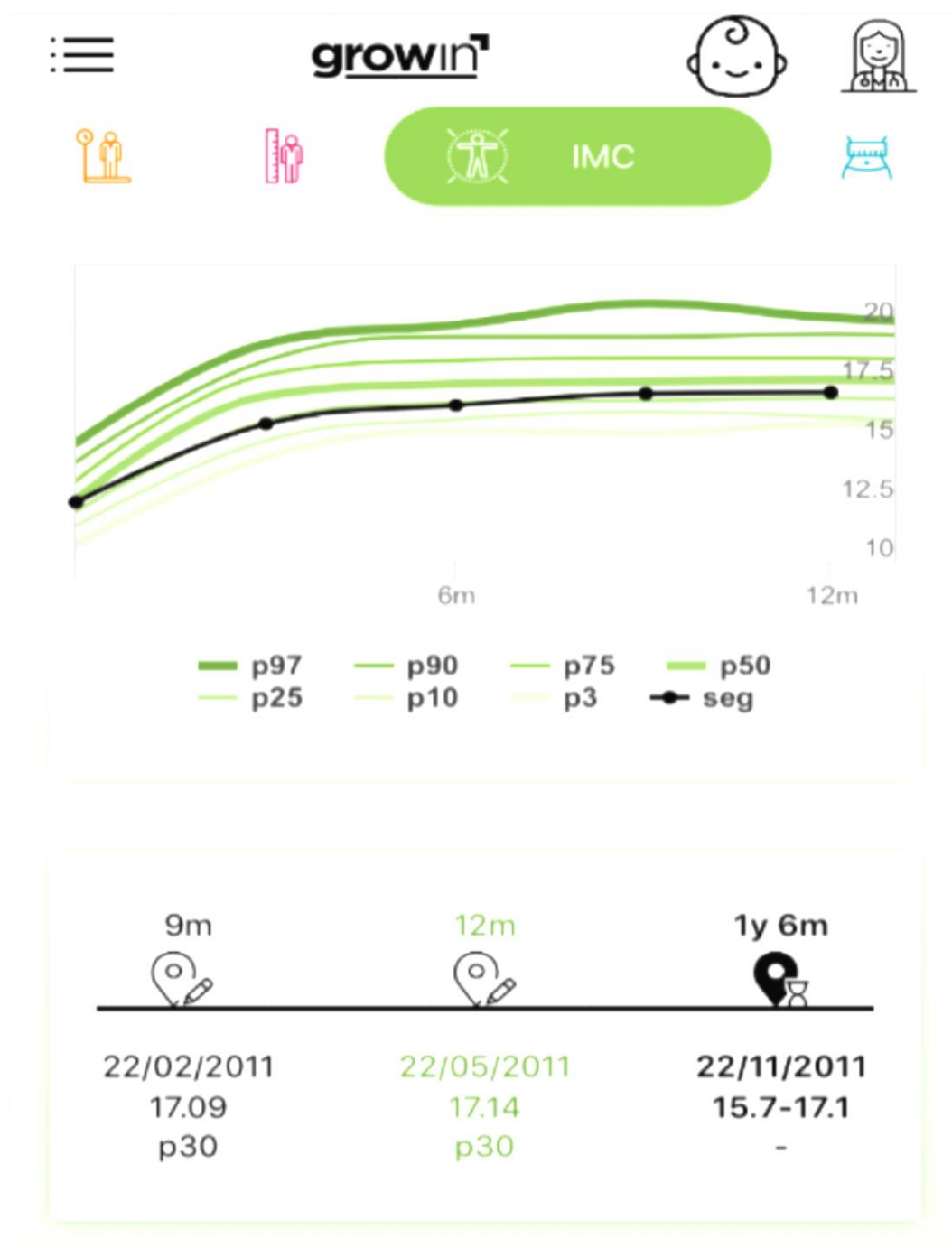


Figura 4.5 Ejemplo de representación gráfica de percentiles



Figura 4.6. Ejemplo representación gráfica mensaje.

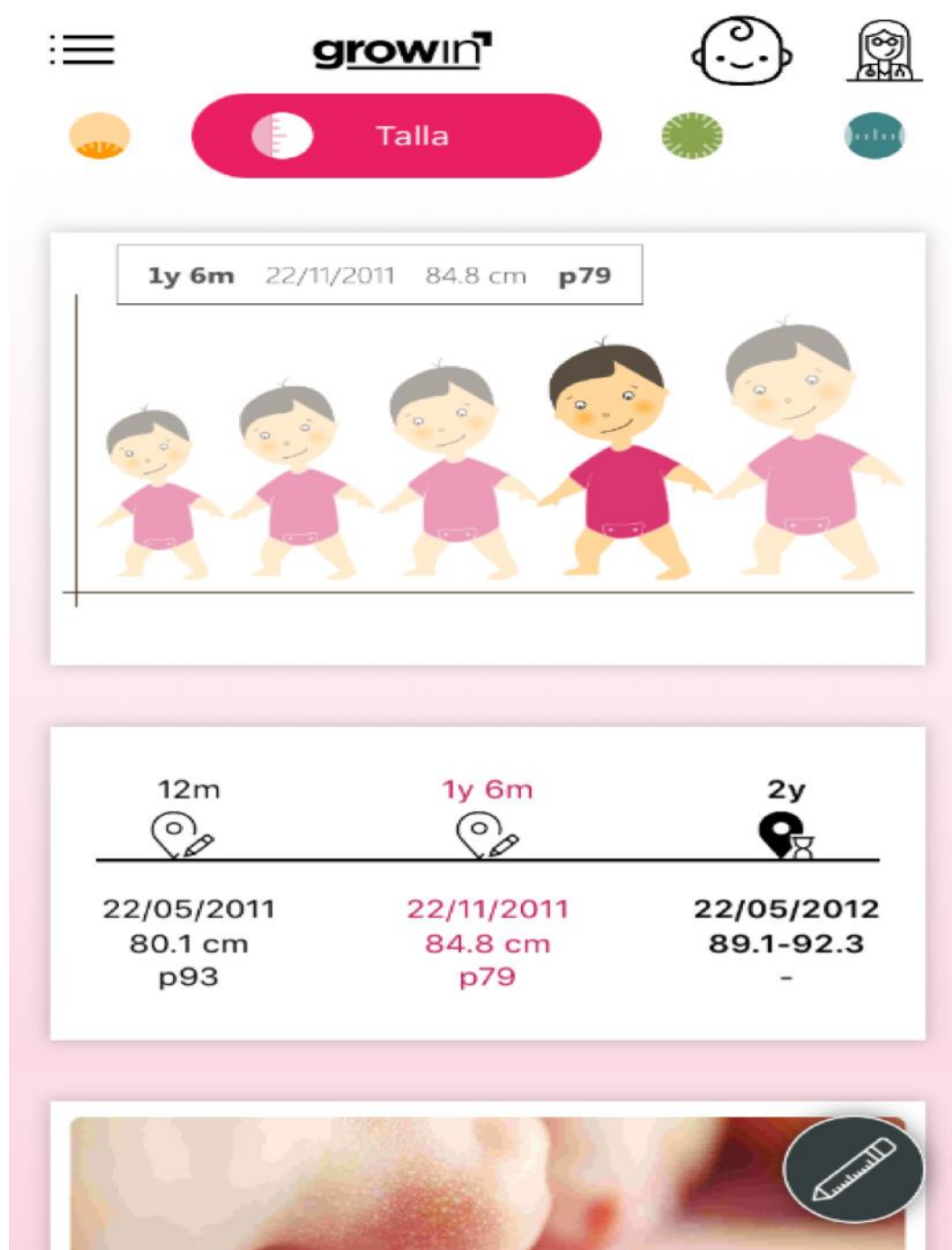


Figura 4.7. Ejemplo representación gráfica talla.

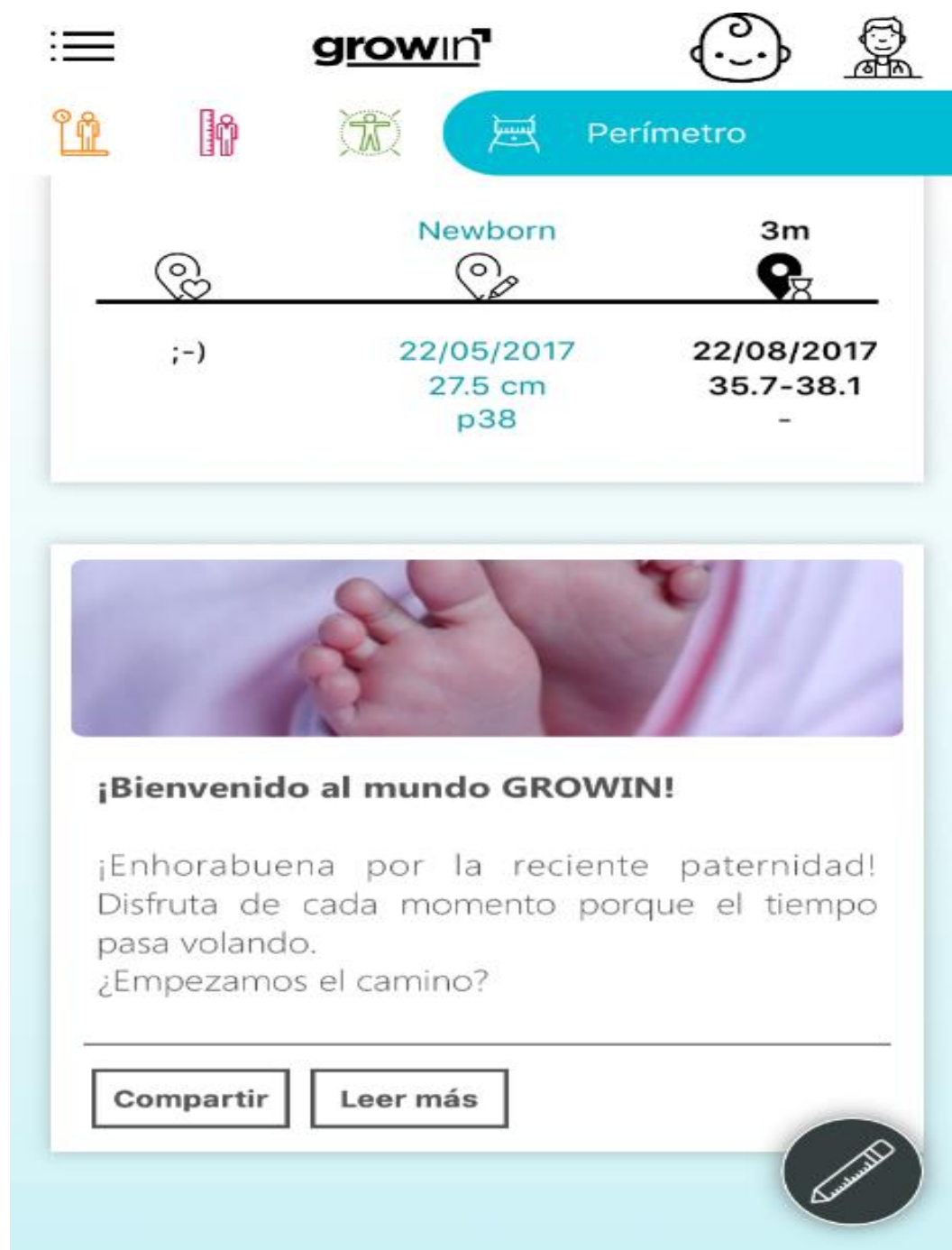


Figura 4.8. Ejemplo representación gráfica perímetro cefálico.

5. DISCUSIÓN:

La alta prevalencia de sobrepeso y obesidad es una realidad en países industrializados y en aquellos que están en vías de desarrollo. La información y las estadísticas de las que se dispone indican un aumento acelerado en su prevalencia, lo cual supone un problema de salud pública a nivel mundial. En Estados Unidos se calcula que más de dos tercios de la población es obesa o tiene sobrepeso, y la OMS estima que si se mantienen las tendencias actuales, el número de lactantes y niños pequeños con sobrepeso aumentará a 70 millones para el año 2025⁶.

La preocupación se debe a su asociación con las principales enfermedades crónicas de nuestro tiempo, tales como las enfermedades cardiovasculares, diabetes mellitus tipo 2, hipertensión arterial y algunos tipos de cáncer. De este modo, el exceso de peso es un grave problema de salud pública, con una importante mortalidad asociada. Un estudio realizado en 2006 estima que la mortalidad atribuible al exceso de muertes en España supuso un 15.8% del total de muertes en varones y un 14.8% en mujeres, pero si sólo es referido a aquellas causas donde el exceso de peso es un factor de riesgo, las cifras se elevan hasta un 31,6% en varones y un 28% en mujeres siendo la causa más frecuente de mortalidad atribuible la enfermedad cardiovascular (58% del total) ¹⁶

En España, la estrategia NAOS (estrategia para la nutrición, actividad física y la prevención de la obesidad) es una iniciativa creada por el Ministerio de Sanidad y Consumo, que consiste en la elaboración de un documento para determinar las acciones necesarias y más eficaces para prevenirla. La estrategia NAOS recoge las estrategias más eficaces hasta el momento en prevención de obesidad: promoción de actividad física, recomendaciones nutricionales para cada etapa de la vida desde el nacimiento hasta la edad adulta, intervención en el ámbito familiar, comunitario, escolar, empresarial, hostelero y sanitario. ¹⁷

A nivel internacional, las estrategias llevadas a cabo por otros países para tratar de combatir este son similares a las observadas en nuestro país. ^{18, 19, 20}

Dada la actual situación epidemiológica de la obesidad, cuya prevalencia aumenta a nivel mundial a pesar de las medidas propuestas, surge la necesidad de nuevas

líneas ²¹. Se ha demostrado que la edad preescolar supone una etapa fundamental de crecimiento y desarrollo, y por tanto una oportunidad importante para la prevención de la obesidad y las enfermedades en la infancia. ²²

Los primeros 1000 días (270 de embarazo, 365 del primer año de vida y 365 del 2º año), son claves para el desarrollo cognitivo, crecimiento físico, la maduración inmunológica y la programación metabólica. Este periodo se considera una ventana de oportunidad desde el punto de vista nutricional, ya que una adecuada alimentación durante este periodo supone un gran impacto en la salud y en el desarrollo físico e intelectual del niño ²³. Así, el daño en el crecimiento y el desarrollo durante la etapa fetal y la primera infancia están relacionadas con la obesidad tanto infantil como en la edad adulta^{24,25}; por tanto, los hábitos de vida y alimenticios que se comiencen a establecer en este periodo serán fundamentales para su vida futura.

A los 3 años de vida, el niño ya tiene consolidados sus hábitos nutricionales, es por esto que las estrategias deben de centrarse en actuar antes de esta edad, para intentar cambiar o establecer los mejores hábitos nutricionales posibles, y tratar así de prevenir la obesidad incluso antes de que se establezca ²⁶.

En la línea de estas nuevas estrategias, centradas en las primeras etapas de la vida como prevención primaria de la obesidad, surge el trabajo que se presenta y por lo que se ha elegido la edad de 3 años como momento clave, ya que es el momento en el que el niño ya tiene establecidos sus hábitos de vida y alimenticios ²⁶ y el modelo puede predecir el riesgo de forma más fiable. Con la creación de una fórmula matemática que estima la probabilidad de padecer sobrepeso/obesidad a los 10 años desde edades muy tempranas de la vida, se pretende dar una nueva estrategia para tratar de prevenir su aparición, pues en aquellos casos en los que se detecte una probabilidad alta de padecerlo, se tratará de actuar de forma precoz, intentando así evitar el desarrollo del mismo.

Una vez establecidos los algoritmos predictores, y realizada la validación estadística, el siguiente paso es interpretarlos de forma clínica y ver si son aplicables y útiles en la práctica clínica diaria. El efecto de cada uno de los predictores, detallado a continuación, atiende al signo de su coeficiente estimado, y pueden ser analizados para saber qué significado pueden tener respecto al desarrollo evolutivo del niño. En todo caso, debe tenerse en cuenta que se refiere a un modelo multivariante y la significación de los predictores ha de entenderse como tal.

5.1. Interpretación del modelo de mujeres:

Los predictores más influyentes en la probabilidad de desarrollar sobrepeso en orden de importancia son el IMC a los 3 años, el IMC a los 2 años y 9 meses y el Waist to hip ratio al nacimiento. El IMC a los 3 años es el parámetro más influyente e implica que a mayor IMC a los 3 años, mayor riesgo de desarrollar sobrepeso en el futuro. Además, la ganancia de peso en los 3 meses previos es de vital importancia y así, se observa que una mayor ganancia de IMC durante ese periodo supone un gran riesgo de padecer obesidad, siendo el periodo clave durante la infancia, tal y como han reportado distintos autores

El predictor “wthip0, pBra0_25 y pCef0_25” se explica de la siguiente manera; el coeficiente de wthip0 tiene signo negativo, pero al ser un parámetro que proviene del cociente de otros dos (perímetro abdominal y diámetro bicestral), su interpretación no es directa. Tal signo negativo indica que a menor perímetro abdominal y mayor diámetro bicestral, la probabilidad de presentar sobrepeso aumentará. La idea de que cuanto menor sea el perímetro del abdomen de la niña, menos probabilidad de presentar sobrepeso debería tener, es incorrecta. De acuerdo con la evidencia científica, aquellos sujetos que son considerados “pequeños” para su edad gestacional y que nacen con poco peso, experimentan una ganancia de peso más rápida que el resto de niños por tres posibles motivos ²⁷. El primero de ellos, asociado al ámbito familiar, desde donde se intenta que el niño recupere peso cuanto antes. Esa ganancia de peso no espontánea, a largo plazo, es perjudicial, derivando en el desarrollo de síndrome metabólico y obesidad. El segundo de ellos tiene que ver con la teoría de Barker^{28,29,30}, también conocida como programación fetal, en la que se considera que la alimentación que recibe el niño durante el embarazo y durante sus dos primeros años de vida, está relacionado con determinadas enfermedades que puede sufrir en la edad adulta como enfermedades de tipo cardiovascular, obesidad o diabetes. Finalmente, la insuficiente alimentación del feto explica el tercer posible motivo; el feto recibe menos nutriente durante el embarazo porque no le es proporcionado, adaptándose a esa situación mediante una reprogramación de sus ejes, lo que deriva en que al nacimiento, al recibir una mayor cantidad de alimento, pueda resultarle contraproducente para su futuro inmediato en relación a sobrepeso, al no haber una marcha atrás respecto a dicha programación. Por lo tanto, podemos concluir que los sujetos que nacen “pequeños”, tienen una mayor probabilidad de presentar sobrepeso, hecho que aparece reflejado en wthip0 como predictor. Asimismo, los predictores pBra0_25 y pCef0_25, que también aparecen con signo

negativo, pueden ser explicados por las mismas razones que wthip0.

Otro predictor a explicar es “dBia0_75d075 y pTri0_75d025”. En este caso el signo es positivo, la explicación también se apoya en los motivos dados para los anteriores predictores ya que, en este caso, la evolución del diámetro biacromial indica que un crecimiento mayor de este parámetro durante los 9 primeros meses de vida, se traduce en una mayor probabilidad de presentar sobrepeso. De forma similar se puede explicar el otro parámetro: un aumento importante en el pliegue tricípital de los 6 a los 9 meses de vida, repercutirá en una mayor probabilidad ya que, además, este parámetro refleja una medida única y exclusivamente de grasa corporal.

En el caso del predictor “dBia2”, el efecto es que a mayor diámetro biacromial, mayor probabilidad de presentar sobrepeso.

Para los predictores “talla1_25” y “tallaS1_5”, la explicación es la siguiente. El coeficiente de la talla tiene signo positivo mientras que la talla sentada tiene signo negativo. Si pensamos en un aumento similar de ambos parámetros (al estar medidos ambos en centímetros podemos compararlos) vemos cómo el coeficiente de la talla sentada es mayor, con lo que la probabilidad de tener sobrepeso disminuiría. Ésto tiene sentido ya que significa que la niña se está desarrollando proporcionalmente, con lo que no debería presentar mayor probabilidad de sobrepeso. Sin embargo, si pensamos en una talla con un valor alto y una talla sentada con un valor reducido, quiere decir que será una niña con las piernas relativamente largas, y siendo que los niños presentan más grasa en las extremidades cuando son pequeños, nos indica que el tamaño de sus piernas no está relacionado con el desarrollo del músculo, sino con el aumento de grasa. Por lo tanto, si la talla es elevada y la talla sentada no lo es tanto, la niña presentará una mayor probabilidad de presentar sobrepeso.

Con respecto a los predictores “imc3” e “imc2_75”, también aparecen parámetros que expresan el estado de la respuesta del final de los tres años, ya que, para entonces, los sujetos ya han establecido unos hábitos de vida y alimenticios. Además, uno de los parámetros que hemos utilizado para determinar si una persona tenía sobrepeso es el IMC, con lo que su aparición cobra aún más fuerza. Podemos observar como su p-valor es el más bajo de todos los predictores del modelo, con lo que son los más significativos dentro de él. Este aspecto introduce la idea de que el proceso tiene “memoria”, al aparecer la información más relevante en los períodos más recientes. El hecho de que aparezca uno con signo positivo y otro con signo negativo indica la importancia de la evolución en esos 3 meses, implícito en dicha alternancia de signos.

5.2. Interpretación del modelo de varones:

Los predictores más importantes en este modelo son el diámetro biacromial y bicrestal. El riesgo de desarrollar sobrepeso es mayor cuando se observa una ganancia importante entre los 2 años y 9 meses y los 3 años del diámetro biacromial y el diámetro bicrestal. Además, el riesgo también aumenta cuando la interacción de la diferencia entre el pliegue subescapular medido a los 2 años y 3 meses y el medido a los 2 años con la diferencia entre el perímetro del muslo medido a los 2 años y 9 meses y el medido a los 2 años y 6 meses aumenta.

El predictor “dBic0_5d025” se puede interpretar de la misma manera que se hizo con el modelo para mujeres utilizando el razonamiento de aquellos sujetos que nacen “pequeños” para la edad gestacional. Un aumento de los 3 a los 6 meses de vida del diámetro bicrestal no tiene por qué representar un aumento mayor en la probabilidad de presentar sobrepeso. Sin embargo, si ese cambio se produce durante el primer año de vida (dBic1d1), es un periodo más prolongado, con lo que en este caso el niño sí presentará una mayor probabilidad de presentar sobrepeso.

En el caso de los predictores “dBia0_75d025:dBic3d025” y “dBia0_75d025”, el coeficiente positivo indica que, si el diámetro biacromial aumenta de los 6 a los 9 meses y además el diámetro bicrestal aumenta entre los 2 años y 9 meses y los 3 años, la probabilidad de tener sobrepeso aumentará. Dicho en otras palabras: si el niño se ensancha de espaldas de pequeño y se ensancha de caderas de algo más mayor, su probabilidad aumentará. Por otro lado, el predictor “dBia0_75d025” aparece en el modelo con signo negativo para compensar el efecto de la interacción, de modo que tiene más importancia el diámetro bicrestal.

Los siguientes a explicar son “pSub2_25d025:pMus2_75d025” y “pSub2_25d025”. Al igual que ocurre con la interacción anterior, al tener signo positivo, tiene sentido que un aumento del perímetro del muslo y del pliegue subescapular durante el mismo año, suponga un aumento en la probabilidad de presentar sobrepeso. Además, el hecho de que crezca el pliegue subescapular a la par que el perímetro del muslo indica que ese aumento de perímetro del muslo es debido a la grasa, reflejada en el aumento del pliegue subescapular. Por otra parte, y de forma similar al caso anterior, el signo negativo del pSub2_25d025 como predictor por sí solo intenta compensar el efecto que tiene tal interacción sobre el modelo.

El predictor “pMus2_75d025” tiene signo positivo con lo que, razonablemente, si

aumenta el perímetro del muslo, presentará mayor probabilidad de presentar sobrepeso. Además, el valor del coeficiente positivo de $pMus2_75d025$ es mayor que el del negativo de $pMus1_5d1$, indicando que tiene más relevancia en el modelo y que el desarrollo reciente del niño influye más.

Para explicar el predictor “ $tallaS1_25d025$ ”, nos basaremos en la explicación que se dio para las niñas. Al tener signo negativo indica que, al aumentar la talla sentada, la probabilidad de sobrepeso disminuirá ya que su tronco está creciendo, desarrollándose armónicamente. Sin embargo, si la talla sentada disminuye, quiere decir que se están desarrollando más las piernas, donde se concentra la grasa en los primeros años de vida en los niños, con lo que la probabilidad aumentará.

Por último, se explica el predictor “ $wthip0_5d025:tallaS1d025$ ”. En este caso el signo del coeficiente es negativo, mostrando una disminución de la probabilidad cuando el valor de esta interacción aumenta. Tiene sentido que suceda esto ya que, si aumenta el *waist-to-hip ratio* y también aumenta la talla sentada, quiere decir que está creciendo el abdomen y a su vez el tronco, con lo que el niño está creciendo de forma armónica y acorde al desarrollo.

No se han encontrado referencias a proyectos similares como el que se presenta. Es decir, una herramienta que, combinando tecnología, ciencia y estadística, ayude a los profesionales sanitarios a detectar quiénes serán los sujetos que presenten obesidad en un futuro, y de esta manera, con datos objetivos ser capaces de concienciar a las familias y a los propios sujetos para llevar a cabo todas las medidas necesarias para evitar su desarrollo. Se ha creado una herramienta para la prevención del desarrollo de sobrepeso/obesidad en población infantil. Sin embargo, se trata de una fórmula compleja que precisa mediciones que no suelen realizarse en la práctica clínica diaria, por lo que se pretende simplificarla en la medida de lo posible, perdiendo sensibilidad y especificidad, pero haciéndola aplicable a cualquier profesional de la salud.

Con la creación de la plataforma *online* interactiva (Growin) se ha tratado de dar una herramienta a uno de los cambios más importantes que han tenido lugar en la sanidad en la última década. Esto es el cambio de status de la figura del paciente respecto al cuidado de su salud y la relación que mantiene con su médico.

Tradicionalmente, el paciente tenía un papel anodino. El paciente acudía a la consulta y hacía lo que le decía el profesional sanitario, sin capacidad para opinar y sin más información. En la actualidad las cosas son muy diferentes, y podemos hablar de un empoderamiento del paciente. El paciente empoderado tiene las siguientes características según la definición del Observatorio Nacional de las Telecomunicaciones y de la Información (ONTSI)³¹:

- Conoce en profundidad cuál es su estado de salud o enfermedad.
- Posee control sobre su estado de salud o enfermedad.
- Participa en la toma de decisiones sobre su salud de manera coordinada con los profesionales sanitarios.
- Es responsable respecto del cuidado de su salud.
- Se forma e informa sobre salud.”

Con la incorporación de las tecnologías a las actividades cotidianas, así como a las relacionadas con el ámbito de la salud, se está comenzando a sentir un empoderamiento cada vez mayor del paciente, quien comienza a ser protagonista activo y responsable del cuidado de su propia salud, generándose de este modo un nuevo modelo de relación médico-paciente. Este fenómeno es una oportunidad excelente para los profesionales sanitarios para crear unos nuevos modelos de relación médico paciente y poder así implementar la salud de los ciudadanos.

La ONTSI publica en Abril de 2016 un estudio acerca las opciones y expectativas de la ciudadanía sobre el uso y aplicación de las TIC en el ámbito sanitario³¹. Con esta investigación se analizan las opiniones y expectativas de la ciudadanía sobre el uso y aplicación de las TIC en la sanidad, de manera que se hace un diagnóstico de los patrones de percepción y uso actuales de la población española respecto a las TIC en el ámbito sanitario.

Algunos de los resultados más relevantes de este estudio se resumen a continuación.

- El 85% de las consultas se realizan a través de buscadores como primera y única opción. Por lo que dirigir el tráfico hacia portales especializados será clave.
- Las familias con hijos son más usuarios de internet como fuente de información. Siendo un 76,8% de las familias con hijos menores las que utilizan internet como fuente de información frente al 54,4% de las que no tienen hijos

- Los profesionales sanitarios son las fuentes principales para temas de salud, si bien más del 60% de los pacientes utiliza internet como fuente de información.

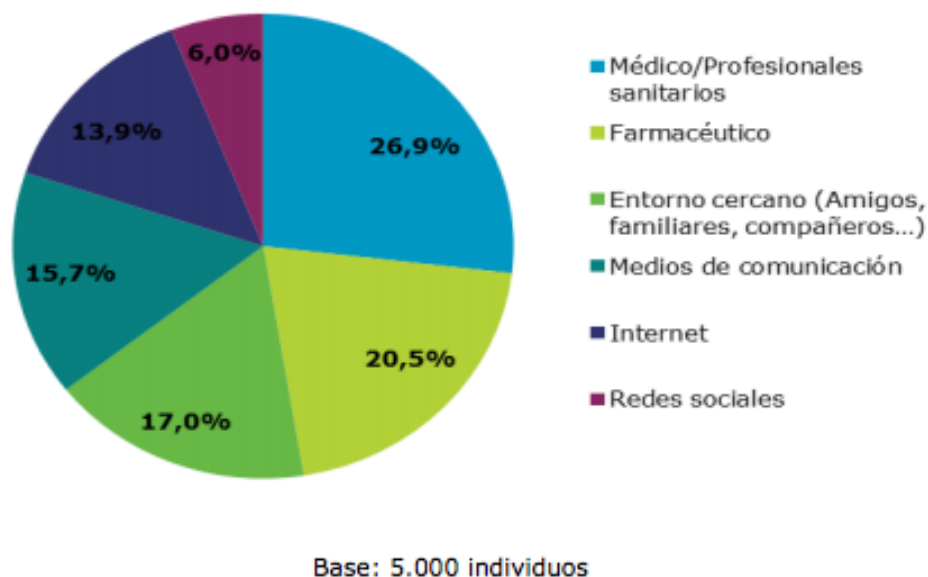


Figura 5.9. Fuentes de información utilizadas para la salud (%)

- El 51,9% de los pacientes confirma que la utilización de las aplicaciones médicas ha evitado visitas innecesarias al hospital o centro de salud, admitiendo un 55,2% de los encuestados estar de acuerdo con que estas tecnologías le han ayudado a mejorar o prevenir problemas de salud
- El 84% de los pacientes afirma tener conocimiento de dispositivos/aparatos para el cuidado de la salud en casa o en la vida diaria. Así, desde la óptica de los profesionales sanitarios, estos dispositivos contribuyen a que el paciente coopere y se involucre en el control de su salud (y de sus familiares). Sin embargo, los grupos de profesionales también hablan de una posible conciencia excesiva de la enfermedad.
- Sólo el 4,3% de la población utiliza aplicaciones móviles para la gestión de la salud. Sin embargo, todos los grupos de debate han expresado una opinión favorable como mecanismo de control. En el ámbito profesional se aporta un contrapunto, pues, aunque se reconoce la existencia de múltiples aplicaciones móviles de seguimiento de salud, sostienen que algunas de ellas

sí aportan una utilidad real mientras que otras confunden al paciente.

- Casi 4 de cada 10 individuos (37,9%) comparten la información que registran con sus dispositivos y aplicaciones. Una barrera importante es que sólo en el 4% de los casos el dispositivo o aplicación envía los datos directamente al profesional. Siendo 8 de cada 10 los que transmiten la información de manera verbal.
- Según los pacientes encuestados, son muy pocos los médicos que recomiendan páginas web, dispositivos o aplicaciones a los pacientes (<8%)

Estos resultados ponen de manifiesto la existencia de un amplio terreno por explotar en cuanto a la capacidad de las tecnologías para enviar directamente los datos médicos a los profesionales sanitarios y mejorar así la comunicación entre ambos, que redunde en la producción de diagnósticos más precisos y acertados y expedición de tratamientos con mayor rapidez.

La comunicación con los profesionales sanitarios resulta fundamental en el seguimiento y cuidado de la salud, y por ello el apoyo en los nuevos canales de comunicación como vías complementarias es considerado un factor de peso de cara a definir la relación médico-paciente del futuro. De forma general, en torno al 5% de la población afirma comunicarse con los profesionales sanitarios a través de estos canales. Los especialistas en TIC para la salud entrevistados para el desarrollo del estudio indicaban que los médicos que optan por utilizar este tipo de canales son más demandados por los pacientes, sin olvidar que la consulta presencial continúa siendo a día de hoy absolutamente necesaria en muchas ocasiones.

Con este estudio se pueden obtener una serie de conclusiones muy relevantes e importantes de cara al futuro en lo que a nuevas tecnologías y salud se refiere. Así, los pacientes serán más exigentes en el futuro. El empoderamiento implica que los pacientes demanden o provoquen que los médicos debamos actualizarnos convenientemente. Los pacientes quieren que el médico del futuro sea activo en Internet y se comunique con ellos de forma telemática, recomiende aplicaciones, ofrezca recursos que ayuden a conocer su enfermedad y mejoren, en su caso, su calidad de vida.

En un futuro no muy lejano serán habituales las consultas telemáticas, así como la implantación de aplicaciones e inteligencias artificiales que emitan diagnósticos automáticamente o casi automáticamente, desarrollando soluciones de inteligencia artificial que puedan incluso a presentar diagnósticos iniciales, entre otras

posibilidades. Es un camino que está empezando y seguramente queda mucho por descubrir, innovar, investigar y desarrollar.

Con estos datos, se han de tener presentes los objetivos actuales de la relación médico- paciente se centrarían en:

- Ahorrar y optimizar el tiempo por ambas partes.
- Primar la mejora de la calidad de vida del paciente.
- Orientar la medicina hacia la prevención y no tanto al tratamiento.
- Concienciar e informar al paciente acerca de su propia salud.

Existen en la actualidad aplicaciones que ayudan al seguimiento y a la anotación continuada de las medidas antropométricas en niños. Se ha realizado un análisis de las principales existentes, para poder compararla con la creada para este trabajo de fin de master. Entre ellas destacan:

- “Mi bebe al día”: La aplicación solicita el registro de nacimiento del bebé que se quiere monitorizar y ofrece consejos periódicos sobre problemáticas comunes en el desarrollo y crecimiento de los bebés. El registro de metas permite ofrecer consejos personalizados. Si bien, esas metas son extensas, y recogen diversas casuísticas, no son tan útiles y precisas como el registro de datos explícitos. Por lo que su rigurosidad médica queda en entredicho.

- “*Baby Daybook*”: La filosofía de la aplicación recoge el estilo de un diario en formato digital. Busca poder dar respuesta a la recogida de datos concretos, como la toma de lactancia, pero no permite insertar datos antropométricos y actuar en consonancia.

- “Percentiles de crecimiento”: El formato de esta aplicación se ajusta más al objetivo de *growin*, si bien su visualización es bastante limitada en dispositivos móviles, pues el manejo de las gráficas está mejor adaptado a dispositivos con un mayor tamaño de pantalla (tablets). La aplicación también se ve limitada en el número de parámetros a recoger, sólo peso y altura.

- “Patrones de crecimiento”: Ofrece un número elevado de parámetros de recogida y cumple con las referencias de la OMS, si bien estas quedan relegadas a una validez menor en el territorio español.

- “*Growth Charts UK-WHO*”: Es una aplicación enfocada al entorno médico que cuenta con el respaldo de Real Colegio de Pediatras y Salud Infantil del Reino Unido (RCPCH). La aplicación busca ofrecer el cálculo de un percentil con la introducción de datos antropométricos. Los datos de referencia

ofrecidos están provistos por el RCPCH.

- *“Babyayuda”*: El objetivo de análisis de esta aplicación es visualizar una posibilidad comercial, donde dar cabida a la monetización de aplicaciones.
- Lactancia materna AEP: La aplicación resulta interesante como referencia a la hora de ofrecer contenidos. Siendo además un valor diferenciador que dichos datos sean abalados por la Agencia Española de Pediatría. En contra la aplicación carece de interacción y no oferta un contenido dinámico o un espacio donde registrar evoluciones.
- *“Normal Child”*: Ofrece una buena referencia funcional para entender el registro de datos antropométricos si bien, su interfaz gráfica es compleja de manejar. Sus datos de referencia son los de la OMS y no tienen integración con una plataforma web.

La creación de “Growin” ha permitido explorar diferentes entornos de desarrollo con gran potencial futuro, como la e-sanidad y los objetivos que persigue desde un punto de vista médico y tecnológico. Desarrollando una solución con gran potencial visual que, goza de la simplicidad necesaria para ser entendido en entornos no profesionales, sin perder la rigurosidad de las referencias médicas.

La toma de contacto con el mundo empresarial ha permitido conocer los esquemas, reglas y tiempos de desarrollo de un entorno distinto de lo académico.

Además, la contribución realizada en este trabajo ha posibilitado formar parte del proyecto growin, aportando soluciones gráficas e interactivas a la extensa tarea de dar solución a un sistema inteligente de seguimiento, detección y prevención de sobrepeso- obesidad y otros desajustes del desarrollo en menores de edad.

Para finalizar, queríamos resaltar las limitaciones y las fortalezas del estudio que se presenta.

Respecto a la fórmula matemática obtenida, a pesar de ser una herramienta válida y útil, las mediciones necesarias para poder llevarla a cabo, y poder ser capaces de predecir el desarrollo de sobrepeso/obesidad en la población infantil, son algo tediosas. De este modo, se tendrían que medir durante los primeros 3 años de vida todos los parámetros explicados anteriormente, lo cual puede resultar difícil (tanto por el tiempo en consultas, como por la complejidad del cálculo de algunos de los predictores) y esto puede llevar a la menor utilización de esta herramienta.

Además, se ha contado con una base de datos de 242 sujetos a los que se intenta predecir dicho riesgo. Aunque es un número de datos elevado respecto al resto de estudios de cohorte realizados en España, un mayor número de sujetos facilitaría el obtener modelos estadísticos más consistentes. De esta forma y como líneas futuras, se tratarán de obtener nuevos modelos estadísticos subóptimos, los cuales puedan ser implantables con mayor facilidad en la práctica clínica diaria, así como la validación y entrenamiento del algoritmo obtenido con nuevos sujetos provenientes de otros estudios longitudinales.

Sin embargo, creemos que la creación del algoritmo presentado representa una oportunidad importante en la lucha contra la obesidad infantil, pues el hecho de plantear una solución real, teniendo en cuenta las limitaciones anteriormente comentadas, a un problema tan importante mediante la integración de varias áreas del conocimiento, como son la bioestadística, la ingeniería genética y la medicina, supone un avance muy importante. Si además se consigue la creación de nuevos modelos estadísticos subóptimos, podría llegar a ser una herramienta fundamental en la práctica clínica diaria en la lucha contra la obesidad infantil.

Respecto a la creación de la aplicación móvil “Growin”, creemos que la obtención de un sistema de seguimiento gráfico, que permita realizar una representación de los datos antropométricos, sencilla y con un enfoque comprensible para todo tipo de usuario, supone un gran avance en la introducción del ámbito sanitario en las nuevas tecnologías. Puesto que es una herramienta disponible para cualquier usuario de un teléfono móvil inteligente, fácil de usar y con disponibilidad de recibir informes, feedback y consejos dietéticos y nutricionales, su utilización supondría un aprendizaje para los usuarios respecto a antropometría, nutrición y crecimiento.

Además, si el uso de esta aplicación llegará a ser extendido, con el tiempo supondría un estudio poblacional de patrones de crecimiento en España, puesto que la introducción de medidas antropométricas como peso, talla y perímetro cefálico a largo plazo por todos los usuarios de esta aplicación, supondría un estudio multicéntrico a gran escala sin precedentes.

6. COMENTARIOS FINALES

Se han dado solución a los objetivos planteados al inicio de este trabajo de fin de master.

1. Se ha diseñado un algoritmo para la obtención de dos modelos estadísticos capaces de predecir, con menos de 20 medidas entre el nacimiento y los 3 años, el riesgo de un niño de presentar sobrepeso entre los 4 y los 13 años.
 - Los parámetros más importantes para el modelo de varones son: la interacción de la variación que presenta el pliegue subescapular entre los 2 años y 2 años y 3 meses asociado a la diferencia existente entre el perímetro de muslo medido a los 2 años y 6 meses con el medido a los 2 años y 9 meses
 - Los parámetros más importantes para el modelo de mujeres son: IMC a los 3 años, el IMC a los 2 años y 9 meses y el *Waist to hip ratio* al nacimiento.
2. Se ha comprobado cómo pueden ser explicados cada uno de los predictores que aparecen en ambos modelos, con lo que clínicamente tienen sentido. Además, se debe destacar la diferencia sustancial que existe entre el modelo de mujeres y el modelo de varones, que nos llevó a la imposibilidad de desarrollar un modelo conjunto para ambos sexos. Tal diferencia puede ser debida a varios motivos de carácter fisiológico y que fueron corroborados una vez obtenidos los modelos. El primero de todos está relacionado con la teoría de Barker y la programación fetal, observando en los predictores como ésta influye más en el modelo de las mujeres que en el modelo de varones. Por otra parte, se sabe que la forma de tratar a los niños y niñas cuando son pequeños es diferente debido a las costumbres sociales que se tienen preestablecidas. Aparte de esto, entran en juego factores aún poco explorados en la medicina como es la epigenética y que trabajos como este pueden servir para ahondar en ellos.
3. Se resumen brevemente las propiedades fundamentales de los dos modelos obtenidos:
 - Son modelos sencillos: el modelo de mujeres incluye 10 predictores y necesita 15 medidas durante los 3 primeros años y el modelo de varones incluye 10 predictores y necesita 19 medidas durante los 3 primeros años de vida.
 - Presentan una capacidad discriminatoria excelente: el modelo de mujeres tiene un área bajo la curva ROC de 0,9377 y el de varones de

0,9411.

- Son interpretables y susceptibles de “mostrar”: La teoría de Barker y la programación fetal; La capacidad predictora de ciertas medidas como indicadores del sobrepeso; La diferencia existente entre varones y mujeres
4. Se ha diseñado una herramienta de e-sanidad, gracias a la cual se ha puesto de manifiesto las carencias existentes actualmente en el ámbito de la salud y las tecnologías de la información. Esta herramienta se ha creado en modo aplicación móvil, se llama Growin y sirve para controlar el crecimiento tanto de peso como de talla en niños desde el nacimiento hasta los 18 años. El trabajo ha permitido explorar diferentes entornos de desarrollo con gran potencial futuro, como la e-sanidad y los objetivos que persigue desde un punto de vista médico y tecnológico. Desarrollando una solución con gran potencial visual que, goza de la simplicidad necesaria para ser entendido en entornos no profesionales, sin perder la rigurosidad de las referencias médicas

Creemos que este trabajo puede abrir las puertas a otros proyectos que se basen en la transferencia de investigación entre distintas áreas del conocimiento como pueden ser en este caso la Ingeniería Biomédica, la Estadística y la Medicina. Encontramos extremadamente enriquecedora y necesaria dicha colaboración como hemos podido ver durante estos meses de trabajo y creemos que continuará de aquí en adelante.

Relacionado con esto, hemos constatado la necesidad de introducir la tecnología en los centros sanitarios, no sólo en forma de dispositivos médicos, sino como elementos de análisis de la gran cantidad de datos existentes. De este modo, se podría valorar la usabilidad del algoritmo sobre otras bases de datos

BIBLIOGRAFÍA

1. Ng M, Fleming T, Robinson M, Thomson B, Graetz N, Margono C, et al. Global, regional, and national prevalence of overweight and obesity in children and adults during 1980–2013: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2013. *Lancet*. 2014;384:766–81. DOI: 10.1016/S0140-6736(14)60460-8
2. Levels and trends in child malnutrition: UNICEF-WHO-World Bank joint child malnutrition estimates. UNICEF, Nueva York; OMS, Ginebra; Banco Mundial, Washington, D.C.: 2015.
3. Park MH, Falconer C, Viner R, Kinra S. The impact of childhood obesity on morbidity and mortality in adulthood: a systematic review. *Obes Rev*. 2012; 13:985-00. DOI: 10.1111/j.1467-789X.2012.01015.
4. Lobstein T, Baur L, Uau R. Obesity in children and Young people: a crisis in public health. *Obes Rev*. 2004;5 Supple 1:4-104
5. Field AE. Predictors and consequences of childhood obesity. In: Hu FB. *Obesity Epidemiology*. Oxford: Oxford University Press; 2008. p. 416-36.
6. Informe de la comisión para acabar con la obesidad infantil. Organización Mundial de la Salud, 2016. [Citado en Mayo 201] Disponible en: <http://www.who.int/end-childhood-obesity/publications/echo-report/es/>
7. Hanson MA, Gluckman PD. Early developmental conditioning of later health and disease: physiology or pathophysiology? *Physiological reviews*. 2014;94:1027–76.
8. Kelsey MM, Zaepfel A, Bjornstad P, Nadeau KJ. Age-related consequences of childhood obesity. *Gerontology*. 2014;60:222–8.
9. Mennella JA, Nicklaus S, Jagolino AL, Yourshaw LM. Variety is the spice of life: strategies for promoting fruit and vegetable acceptance during infancy. *Physiol Behav*. 2008;94:29–38. DOI:10.1016/j.physbeh.2007.11.014
10. Recomendaciones mundiales sobre actividad física para la salud. Ginebra: Organización Mundial de la Salud, 2010. En línea (Junio 2017): <http://www.who.int/dietphysicalactivity/publications/9789241599979/es/>
11. Hawkes C, Smith TG, Jewell J, Wardle J, Hammond RA, Friel S, et al. Smart food policies for obesity prevention. *Lancet*. 2015;385:2410–21. DOI: 10.1016/S0140-6736(14)61745-1spl

12. Floiran C. Las nuevas tecnologías de la información y las comunicaciones en salud. *Educ Med Super*. Vol16, nº2. 2002
13. Delopoulos AN. SPLENDID: Personalised guide for eating and activity behaviour for the prevention of obesity and eating disorders [Internet]. Thessaloniki, Greece. Dept. of Electrical & Computer Engineering Aristotle University of Thessaloniki. 2013 Oct. [Citado en Mayo 2017] Disponible en: <http://splendid-program.eu>
14. Ferrández A, Baguer L, Labarta JI, Labena C, Mayayo E, Puga B, et al. Estudio longitudinal de niños españoles normales desde el nacimiento hasta la edad adulta (2005). Fundación Andrea Prader, Zaragoza, ISBN 609, 3217-6, 1-259.
15. Ferrández Longás, Ángel et al. Estudios españoles de crecimiento: situación actual, utilidad y recomendaciones de uso, *Anales de pediatría*, núm 74, (2011), p. 193e1-193.e16
16. Martín-Ramiro JJ, Álvarez-Martín E, Gil-Prieto R. Mortalidad atribuible al exceso de peso en España. *Med Clin* 2014; 142:526-30. DOI: 10.1016/j.medcli.2013.04.047
17. Agencia Española de Seguridad y Nutrición del Ministerio de Sanidad y Política Social (2005). Estrategia NAOS. Invertir la tendencia de la obesidad. Estrategia para la Nutrición, Actividad Física y Prevención de la Obesidad. Ministerio de Sanidad y Política Social: Madrid. [Citado en Mayo 2017*. Disponible en : <http://www.aecosan.msssi.gob.es/AECOSAN/docs/documentos/nutricion/estrategianaos.pdf>
18. Waters E, de Silva-Sanigorski A, Hall BJ, Brown T, Campbell KJ, Gao Y et al. Interventions for preventing obesity in children. *Cochrane Database Syst Rev*. 2011 Dec 7; (12); CD 001871. DOI: 10.1002/14651858.CD001871
19. Ward DS, Welker E, Choate A, Henderson KE, Lott M, Tovar A et al. Strength of obesity prevention interventions in early care and education settings: a systematic review. *Prev Med*. 2016 Sep 28. DOI: 10.1016/j.ypmed.2016.09.033
20. Tucker JM, Howard K, Guseman EH, , Yee KE, Saturley H, Eisenmann JCI. Association between the Family Nutrition and Physical Activity Screening Tool and obesity severity in youth referred to weight management. *Obes Res Clin Pract*. 2016 Oct 4. DOI: 10.1016/j.orcp.2016.09.007
21. Pigeot I, Baranowski T, Lytle L, Ahrens W. Prevention of overweight and obesity in children and adolescents: Critical appraisal of the evidence base.

- Bundesgesundheitsblatt Gesundheitsforschung. 2016 Oct 5.
22. Lopez L, Audisio Y, Berra S. Efectividad de las intervenciones de base poblacional dirigidas a la prevención del sobrepeso en la población infantil y adolescente. *Med Clin* 2010; 135:462-9. DOI: 10.1016/j.medcli.2009.06.010
 23. Victora C. Los mil días de oportunidad para intervenciones nutricionales. De la concepción a los dos años de vida. *Arch Argent Pediatr* 2012; 110(4):311-17. DOI: 10.5546/aap.2012.311
 24. Johnson DB, Gerstein DE, Evans AE, Woodward-Lopez G. Preventing obesity: A life cycle perspective. *Journal of the American Dietetic Association* 2006;106(1):97-102.
 25. Jackson AA, Langley-Evans SC, McCarthy HD. Nutritional influences in early life upon obesity and body proportions. *Ciba Foundation Symposium* 1996;201:118-29, discussion 129-37, 188-93.
 26. Alimentación del preescolar y escolar. Luis Peña Quintana, Luis Ros Mar. Asociación Española de Pediatría, protocolos de gastroenterología y nutrición.
 27. De Arriba Muñoz, Antonio. "Síndrome metabólico y disfunción endotelial en una población infanto-juvenil nacida pequeña para la edad gestacional: influencia del crecimiento espontáneo y del tratamiento con hormona de crecimiento". Directores: Dr. José Ignacio Labarta Aizpún, Dra. Blanca Sinués Porta. Universidad de Zaragoza, 2011
 28. Barker, D.J.P., *Mothers, babies and health in later life*. Churchill Livingstone, 1998, ISBN: 0443061653
 29. Barker, D.J.; Eriksson J.G.; Forsen T., Osmond C. Fetal origins of adult disease: strength of effects and biological basis. *International Journal of Epidemiology*, núm 31, (2002), p. 1235-9
 30. Barker, D.J., In utero programming of chronic disease. *Clin Sci*, núm 95, (1998), p. 115-28
 31. Observatorio Nacional de las Telecomunicaciones y de la SI (ONTSI). Los ciudadanos ante la e-Sanidad, Opiniones y expectativas de los ciudadanos sobre el uso y aplicación de las TIC en el ámbito sanitario. Abril 2016. [Citado en Junio de 2016]. Disponible en: https://www.ontsi.red.es/ontsi/sites/ontsi/files/los_ciudadanos_ante_la_e-sanidad.pdf