



Universidad  
Carlos III de Madrid

Departamento de Teoría de la Señal y Comunicaciones

Escuela Politécnica Superior

PROYECTO FIN DE CARRERA

# ESTUDIO DE LA DESHIDRATACIÓN LEVE Y SUS CAUSAS AMBIENTALES CON TÉCNICAS DE PROCESADO DE IMAGEN

**Autora:** Beatriz Rodríguez García

**Tutor:** Carlos Bousoño Calzón

Leganés, Julio de 2014



# Agradecimientos

Me gustaría empezar agradeciendo el apoyo incondicional de toda mi familia, que en ningún momento dejó de apoyarme y colaborar para que esto pudiera ser real. En especial a mis padres por no dejarme desistir en los malos momentos, y a mi hermana Cristina, por aguantar tanto.

Agradecer a mis compañeras de piso, sobre todo a Rocío, fuisteis también mi familia.

Por otro lado, me gustaría agradecer a todos mis compañeros de Universidad y residencia, y amigos, sin ellos, todo este periodo no hubiese sido lo mismo.

También me gustaría agradecer a mis compañeros de inglés y a mi equipo de Flag Football Madrid Capitals, fuisteis la distracción necesaria cuando más lo necesitaba.

Y por último, agradecer a mi tutor Carlos Bousoño, y al resto de profesores que me han acompañado a lo largo de mi trayectoria académica, por convertirme en la persona que soy hoy.

Por todo eso y mucho más, sólo puedo decir GRACIAS.



# Resumen

En este proyecto se han estudiado un conjunto de soluciones para poder detectar la deshidratación que puede sufrir una persona, con el fin de poder prevenir futuros problemas de salud.

En la actualidad hay múltiples sensores o dispositivos que nos pueden ayudar en la detección de deshidratación, pero en su mayoría son dispositivos con un alto coste o complejo funcionamiento. Por eso, nos centraremos en un método sencillo y barato para detectar deshidratación a través de comparar el color de la orina con una carta de color.

El objetivo de este proyecto consiste en analizar una serie de muestras de orina, para a través de su color y la medición de otros parámetros recogidos junto a estas muestras, poder obtener una clasificación fiable de las mismas y saber en qué nivel de hidratación o deshidratación se encuentran esas personas, para así tomar las medidas oportunas para restablecer un nivel óptimo de hidratación si fuese necesario.

Este estudio se ha realizado a través de diferentes muestras recogidas de varias personas de diferentes edades y sexo, sin problemas de salud conocidos. Con ellas se ha realizado un etiquetado y una clasificación, terminando con la construcción de un modelo de regresión lineal para comprobar su adecuación.

**Palabras clave:** deshidratación, orina, píxel, Diagramas de Voronoi, regresión lineal múltiple



# Abstract

In this final project we have studied a set of solutions to detect dehydration that a person can suffer, in order to prevent future health problems.

Currently, there are multiple sensors or devices that can help us in detecting dehydration, but most devices are high cost and complex operation. Therefore, we will focus on a simple and inexpensive method to detect dehydration and compare the color of the urine with a color chart.

The objective of this project is to analyze a series of urine samples, through its color and the measurement of other parameters collected with these samples to obtain a reliable classification of them, and know what level of hydration or dehydration these people are. And so, to take appropriate measures to restore an optimal level of hydration if was necessary.

This research was conducted across different samples collected from several people of different ages and gender, with no known health problems. With these samples was made labeling and classification, ending with the construction of a multiple linear regression model to check appropriateness.

**Keywords:** dehydration, urine, pixel, Voronoi Diagrams, multiple linear regression





# Índice general

Capítulo 1 .....	14
Introducción y objetivos.....	14
1.1 INTRODUCCIÓN .....	14
1.2 MOTIVACIONES .....	14
1.3 OBJETIVO .....	15
1.4 ESTRUCTURA DEL PROYECTO .....	16
1.5 CONTEXTO SOBRE DESHIDRATACIÓN .....	17
Capítulo 2 .....	20
Estado del arte .....	20
2.1 INTRODUCCIÓN .....	20
2.2 SENSORES POTENCIOMÉTRICOS .....	21
2.2.1 Introducción .....	21
2.2.2 Sensores potenciométricos .....	21
2.2.3 Tipos de sensores potenciométricos.....	22
2.2.4 Electrodo de referencia.....	23
2.2.5 Electrodo indicador .....	24
2.2.6 Aplicaciones industriales .....	25
2.2.7 Pros y contras en la utilización de sensores potenciométricos .....	25
2.2.7.1 Ventajas.....	26
2.2.7.2 Desventajas .....	26
2.3 TATUAJE ELECTRÓNICO.....	27
2.3.1 Introducción .....	27
2.3.2 Tatuaje electrónico.....	27
2.3.3 Pros y contras de la utilización de tatuajes electrónicos .....	29
2.3.3.1 Ventajas.....	29
2.3.3.2 Desventajas .....	29
2.4 DISPOSITIVO PARA DETECCIÓN DEL SIGNO DEL PLIEGUE CUTÁNEO.....	30
2.4.1 Introducción .....	30
2.4.2 Signo del pliegue cutáneo .....	30
2.4.3 Implementación práctica.....	31

2.4.4	Pros y contras en la utilización de este método.....	32
2.4.4.1	Ventajas.....	32
2.4.4.2	Desventajas .....	33
2.5	DISPOSITIVO PARA CLASIFICAR SEGÚN EL COLOR DE LA ORINA .....	34
2.5.1	Introducción .....	34
2.5.2	Deshidratación según el color de la orina .....	34
2.5.3	Implementación práctica.....	35
2.5.4	Pros y contras en la utilización de este método.....	36
2.5.4.1	Ventajas.....	36
2.5.4.2	Desventajas .....	36
2.6	TABLA COMPARATIVA.....	37
Capítulo 3	.....	40
Relación entre deshidratación y color de la orina	.....	40
3.1	INTRODUCCIÓN.....	40
3.2	DESHIDRATACIÓN.....	41
3.2.1	Introducción .....	41
3.2.2	Relación de la orina y la deshidratación.....	41
3.2.2.1	Carta de colores de la orina .....	42
3.2.2.2	Carta de colores de la orina para la deshidratación.....	44
Capítulo 4	.....	48
Captura y etiquetado de las muestras y otros parámetros	.....	48
4.1	INTRODUCCIÓN.....	48
4.2	PARÁMETROS A TENER EN CUENTA.....	49
4.2.1	Introducción .....	49
4.2.1.1	Edad.....	49
4.2.1.2	Sexo .....	49
4.2.1.3	Temperatura ambiente .....	49
4.2.1.4	Humedad relativa.....	50
4.2.1.5	Cantidad de líquidos ingeridos.....	50
4.2.1.6	Recogida de muestras .....	50
4.2.1.7	Realización de actividad física .....	51
4.2.2	Materiales utilizados .....	51
4.3	MUESTRAS OBTENIDAS - FASE 1 .....	52
4.3.1	Sujeto #1.....	53

4.3.2	Sujeto #2.....	55
4.3.3	Sujeto #3.....	57
4.3.4	Sujeto #4.....	59
4.3.5	Sujeto #5.....	60
4.3.6	Sujeto #6.....	61
4.4	MUESTRAS OBTENIDAS - FASE 2 .....	62
4.4.1	Sujeto #4.....	62
4.4.2	Sujeto #6.....	63
4.5	CONCLUSIONES GENERALES .....	64
Capítulo 5 .....		66
Clasificación de las muestras.....		66
5.1	INTRODUCCIÓN .....	66
5.2	NORMALIZACIÓN DE LAS IMÁGENES .....	67
5.2.1	Introducción .....	67
5.2.2	Pasos para normalizar las imágenes .....	69
5.2.3	Distancia euclídea.....	72
5.2.3.1	Cálculo de las distancias euclídeas para cada nivel de la carta de color.....	75
5.2.3.2	Asignación de niveles a las muestras .....	76
5.2.3.3	Recuento de las muestras analizadas .....	78
5.3	CLASIFICACIÓN DE LAS MUESTRAS .....	79
5.3.1	Introducción .....	79
5.3.1.1	Sujeto #1.....	79
5.3.1.2	Sujeto #2.....	80
5.3.1.3	Sujeto #3.....	81
5.3.1.4	Sujeto #4.....	81
5.3.1.5	Sujeto #5.....	82
5.3.1.6	Sujeto #6.....	82
5.3.2	Representación mediante Diagramas de Voronoi .....	83
5.3.2.1	Diagrama de Voronoi del Sujeto #1 .....	85
5.3.2.2	Diagrama de Voronoi del Sujeto #2 .....	86
5.3.2.3	Diagrama de Voronoi del Sujeto #3 .....	87
5.3.2.4	Diagrama de Voronoi del Sujeto #4 .....	88
5.3.2.5	Diagrama de Voronoi del Sujeto #5 .....	89
5.3.2.6	Diagrama de Voronoi del Sujeto #6 .....	90

5.3.2.7	Conclusiones.....	90
Capítulo 6	.....	92
Regresión lineal múltiple de las muestras	.....	92
6.1	INTRODUCCIÓN.....	92
6.2	REGRESIÓN LINEAL MÚLTIPLE.....	93
6.2.1	Introducción.....	93
6.2.2	Cálculo de los coeficientes y otros parámetros.....	95
6.3	RESULTADOS OBTENIDOS PARA EL CONJUNTO DE TODOS LOS DATOS.....	98
6.3.1	Datos utilizados.....	98
6.3.1.1	Matriz X.....	98
6.3.1.2	Vectores Y.....	100
6.3.2	Datos obtenidos.....	101
6.3.2.1	Primera columna de Y.....	101
6.3.2.2	Segunda columna de Y.....	102
6.3.2.3	Conclusiones.....	104
6.4	REGRESIÓN LINEAL MÚLTIPLE PARA CADA SUJETO.....	106
6.4.1	Introducción.....	106
6.4.2	Cálculo de los coeficientes y otros parámetros.....	106
6.5	RESULTADOS EN CADA SUJETO.....	107
6.5.1	Sujeto #1.....	107
6.5.2	Sujeto #2.....	110
6.5.3	Sujeto #3.....	113
6.5.4	Sujeto #4.....	115
6.5.5	Sujeto #5.....	118
6.5.6	Sujeto #6.....	120
6.5.7	Conclusiones.....	123
6.6	MATRIZ DE CONFUSIÓN PARA TODOS LOS DATOS.....	124
6.6.1	Matriz de confusión de todos los niveles.....	128
6.6.2	Precisión obtenida.....	129
6.6.3	Matriz de confusión agrupando niveles.....	130
6.6.4	Precisión obtenida.....	131
6.7	MATRIZ DE CONFUSIÓN PARA CADA SUJETO.....	132
6.7.1	Matriz de confusión del Sujeto #1.....	138
6.7.2	Matriz de confusión del Sujeto #2.....	139

6.7.3	Matriz de confusión del Sujeto #3.....	140
6.7.4	Matriz de confusión del Sujeto #4.....	141
6.7.5	Matriz de confusión del Sujeto #5.....	142
6.7.6	Matriz de confusión del Sujeto #6.....	143
6.7.7	Conclusiones.....	144
6.8	CONCLUSIONES GENERALES .....	144
Capítulo 7 .....		147
Conclusiones y líneas futuras .....		147
7.1	INTRODUCCIÓN .....	147
7.2	CONCLUSIONES .....	147
7.3	LÍNEAS FUTURAS .....	149
Capítulo 8 .....		151
Planificación y presupuesto .....		151
8.1	INTRODUCCIÓN .....	151
8.2	PLANIFICACIÓN.....	152
8.2.1	Organización del proyecto .....	152
8.2.2	Diagrama de Gantt .....	153
8.3	PRESUPUESTO .....	155
8.3.1	Introducción .....	155
8.3.2	Costes directos .....	155
8.3.2.1	Costes de personal .....	155
8.3.2.2	Costes de material.....	156
8.3.3	Costes indirectos .....	157
8.3.4	Costes totales .....	158
Referencias.....		160
Otras referencias consultadas.....		167
Anexo I.....		173
Contexto sobre deshidratación.....		173
I.1	INTRODUCCIÓN .....	173
I.2	DESHIDRATACIÓN.....	173
I.2.1	Introducción .....	173
I.2.2	Terminología empleada .....	175
I.2.3	Balance hidrosalino corporal.....	175
I.2.3.1	Movimiento del agua a través de las membranas .....	177

I.2.3.2	Movimiento de sodio a través de las membranas .....	178
I.3.	HIPERHIDRATACIÓN .....	178
I.3.1	Introducción .....	178
I.3.2	Terminología empleada .....	179
I.4	CUADRO RESUMEN SOBRE DESHIDRATACIÓN E HIPERHIDRATACIÓN .....	180
I.5	CAUSAS MÁS COMUNES POR LAS QUE SE PRODUCE DESHIDRATACIÓN .....	180
I.6	CAUSAS MÁS COMUNES POR LAS QUE SE PRODUCE HIPERHIDRATACIÓN.....	181
I.7	TIPOS DE DESHIDRATACIÓN .....	182
I.7.1	Deshidratación leve.....	182
I.7.2	Deshidratación moderada.....	182
I.7.3	Deshidratación grave .....	184
I.8	TIPOS DE HIPERHIDRATACIÓN .....	185
I.9	PRINCIPALES SÍNTOMAS Y SIGNOS DE DESHIDRATACIÓN .....	185
I.10	PRINCIPALES SÍNTOMAS Y SIGNOS DE HIPERHIDRATACIÓN.....	187
I.11	TRATAMIENTO PARA CASOS DE DESHIDRATACIÓN.....	187
I.12	TRATAMIENTO PARA CASOS DE HIPERHIDRATACIÓN .....	188
I.13	SECTORES MÁS AFECTADOS.....	188
Anexo II.....		191
Anexo III.....		199

# Índice de figuras

Figura 1. Representación de un montaje experimental para la realización de medidas potenciométricas.....	21
Figura 2. Tipos de electrodos.....	22
Figura 3. Electrodo de referencia.....	22
Figura 4. Electrodos indicadores.....	23
Figura 5. Tatuaje electrónico.....	27
Figura 6. Figura explicativa de la realización de la prueba del signo del pliegue.....	29
Figura 7. Signo del pliegue positivo.....	30
Figura 8. Carta de colores representando los grados de hidratación y deshidratación .....	34
Figura 9. Representación detallada de una carta de colores de la orina para los diferentes grados de hidratación.....	43
Figura 10. Representación escasa de una carta de colores de la orina para los diferentes grados de hidratación.....	44
Figura 11. Representación de la carta de colores de la orina para los diversos grados de deshidratación.....	44
Figura 12. Bote de recogida de orina y tubo de ensayo.....	50
Figura 13. Descomposición de los planos de color RGB de los que se compone una imagen (nmx3).....	66
Figura 14. Representación de la imagen original para cada uno de los planos de color .....	68
Figura 15. Selección de los píxeles blancos de la imagen.....	69
Figura 16. Selección de los píxeles de la muestra de la imagen.....	71

Figura 17. Rueda de color para el modelo RGB.....	73
Figura 18. Niveles utilizados en la carta de color de la orina.....	74
Figura 19. Resultado del análisis de la muestra.....	77
Figura 20. Distribución de las muestras procesadas en cada uno de los niveles de hidratación y deshidratación de la carta de color.....	78
Figura 21. Diagrama de Voronoi del sujeto#1.....	84
Figura 22. Diagrama de Voronoi del sujeto#2.....	85
Figura 23. Diagrama de Voronoi del sujeto#3.....	86
Figura 24. Diagrama de Voronoi del sujeto#4.....	87
Figura 25. Diagrama de Voronoi del sujeto#5.....	88
Figura 26. Diagrama de Voronoi del sujeto#6.....	89
Figura 27. Errores cometidos para el modelo de regresión lineal múltiple en todos los niveles.....	104
Figura 28. Muestras reales y predichas para el sujeto#1.....	123
Figura 29. Muestras reales y predichas para el sujeto#2.....	124
Figura 30. Muestras reales y predichas para el sujeto#3.....	125
Figura 31. Muestras reales y predichas para el sujeto#4.....	126
Figura 32. Muestras reales y predichas para el sujeto#5.....	126
Figura 33. Muestras reales y predichas para el sujeto#6.....	127
Figura 34. Diagrama de Voronoi con frontera entre los niveles 3 y 4.....	131
Figura 35. Muestras reales y predichas para el sujeto#1.....	132
Figura 36. Muestras reales y predichas para el sujeto#2.....	133
Figura 37. Muestras reales y predichas para el sujeto#3.....	134
Figura 38. Muestras reales y predichas para el sujeto#4.....	135
Figura 39. Muestras reales y predichas para el sujeto#5.....	135
Figura 40. Muestras reales y predichas para el sujeto#6.....	136
Figura 41. Diagrama de Gantt.....	153





# Índice de tablas

Tabla 1. Tabla comparativa entre los diferentes dispositivos para detectar deshidratación.....	36
Tabla 2. Todos los posibles colores de la orina.....	43
Tabla 3. Muestras y datos recogidos durante el primer día del sujeto#1.....	52
Tabla 4. Muestras y datos recogidos durante el segundo día del sujeto#1.....	53
Tabla 5. Muestras y datos recogidos durante el primer día del sujeto#2.....	54
Tabla 6. Muestras y datos recogidos durante el segundo día del sujeto#2.....	55
Tabla 7. Muestras y datos recogidos durante el primer día del sujeto#3.....	56
Tabla 8. Muestras y datos recogidos durante el segundo día del sujeto#3.....	57
Tabla 9. Muestras y datos recogidos durante el primer día del sujeto#4.....	58
Tabla 10. Muestras y datos recogidos durante el único día del sujeto#5.....	59
Tabla 11. Muestras y datos recogidos durante el primer día del sujeto#6.....	60
Tabla 12. Muestras y datos recogidos durante el segundo día del sujeto#4.....	61
Tabla 13. Muestras y datos recogidos durante el segundo día del sujeto#6.....	62
Tabla 14. Recuento de muestras para cada nivel.....	77
Tabla 15. Clasificación de las muestras del sujeto#1 durante el primer día.....	78
Tabla 16. Clasificación de las muestras del sujeto#1 durante el segundo día.....	79
Tabla 17. Clasificación de las muestras del sujeto#2 durante el primer día.....	79
Tabla 18. Clasificación de las muestras del sujeto#2 durante el segundo día.....	79
Tabla 19. Clasificación de las muestras del sujeto#3 durante el primer día.....	80
Tabla 20. Clasificación de las muestras del sujeto#3 durante el segundo día.....	80
Tabla 21. Clasificación de las muestras del sujeto#4 durante el primer día.....	80
Tabla 22. Clasificación de las muestras del sujeto#4 durante el segundo día.....	81

Tabla 23. Clasificación de las muestras del sujeto#5 durante un día.....	81
Tabla 24. Clasificación de las muestras del sujeto#6 durante el primer día.....	81
Tabla 25. Clasificación de las muestras del sujeto#6 durante el segundo día.....	82
Tabla 26. Datos correspondientes a las variables explicativas para el modelo de regresión lineal múltiple general.....	98
Tabla 27. Datos correspondientes a las variables dependientes para el modelo de regresión lineal múltiple general.....	100
Tabla 28. Datos correspondientes del sujeto#1 para la primera columna de Y.....	108
Tabla 29. Datos correspondientes del sujeto#1 para la segunda columna de Y.....	109
Tabla 30. Datos correspondientes del sujeto#2 para la primera columna de Y.....	110
Tabla 31. Datos correspondientes del sujeto#2 para la segunda columna de Y.....	111
Tabla 32. Datos correspondientes del sujeto#3 para la primera columna de Y.....	113
Tabla 33. Datos correspondientes del sujeto#3 para la segunda columna de Y.....	114
Tabla 34. Datos correspondientes del sujeto#4 para la primera columna de Y.....	115
Tabla 35. Datos correspondientes del sujeto#4 para la segunda columna de Y.....	117
Tabla 36. Datos correspondientes del sujeto#5 para la primera columna de Y.....	118
Tabla 37. Datos correspondientes del sujeto#5 para la segunda columna de Y.....	119
Tabla 38. Datos correspondientes del sujeto#6 para la primera columna de Y.....	120
Tabla 39. Datos correspondientes del sujeto#6 para la segunda columna de Y.....	122
Tabla 40. Niveles correspondientes a las muestras reales y predichas del sujeto#1..	124
Tabla 41. Niveles correspondientes a las muestras reales y predichas del sujeto#2..	125
Tabla 42. Niveles correspondientes a las muestras reales y predichas del sujeto#3..	126
Tabla 43. Niveles correspondientes a las muestras reales y predichas del sujeto#4..	127
Tabla 44. Niveles correspondientes a las muestras reales y predichas del sujeto#5..	128
Tabla 45. Niveles correspondientes a las muestras reales y predichas del sujeto#6..	128
Tabla 46. Matriz de confusión con el número de muestras en cada nivel.....	129
Tabla 47. Matriz de confusión con el porcentaje de muestras en cada nivel.....	130

Tabla 48. Matriz de confusión con la agrupación de niveles.....	131
Tabla 49. Niveles correspondientes a las muestras reales y predichas del sujeto#1..	133
Tabla 50. Niveles correspondientes a las muestras reales y predichas del sujeto#2..	134
Tabla 51. Niveles correspondientes a las muestras reales y predichas del sujeto#3..	135
Tabla 52. Niveles correspondientes a las muestras reales y predichas del sujeto#4..	136
Tabla 53. Niveles correspondientes a las muestras reales y predichas del sujeto#5..	137
Tabla 54. Niveles correspondientes a las muestras reales y predichas del sujeto#6..	137
Tabla 55. Matriz de confusión para el sujeto #1.....	138
Tabla 56. Matriz de confusión para el sujeto #2.....	139
Tabla 57. Matriz de confusión para el sujeto #3.....	140
Tabla 58. Matriz de confusión para el sujeto #4.....	141
Tabla 59. Matriz de confusión para el sujeto #5.....	142
Tabla 60. Matriz de confusión para el sujeto #6.....	143
Tabla 61. Tareas que componen el Diagrama de Gantt.....	153
Tabla 62. Costes de personal.....	156
Tabla 63. Costes de equipos.....	157
Tabla 64. Costes de software.....	157
Tabla 65. Costes totales.....	158



# Capítulo 1

## Introducción y objetivos

### 1.1 INTRODUCCIÓN

En este primer capítulo se presentan las motivaciones del proyecto, se comentan los objetivos que se pretenden perseguir y se detalla la estructura que tendrá el proyecto.

Además, para poner en contexto este proyecto, se desarrolla un apartado explicando las principales características de la deshidratación.

### 1.2 MOTIVACIONES

El cuerpo humano puede aportarnos signos reveladores que indican cuándo está en problemas y necesita ser devuelto a un estado de normalidad.

Ya que el cuerpo humano está compuesto por aproximadamente un 60% de agua, su elemento principal; estudiar la hidratación o deshidratación que puede sufrir puede ser muy significativo.

Siendo la orina uno de los medios a través de los cuales se pierde mayor cantidad de agua en el cuerpo, estudiar los diferentes colores que puede presentar la orina puede ser un indicador bueno para calcular el grado de deshidratación en que se encuentra el cuerpo humano.

Partiendo de las múltiples cartas de color de la orina, actualmente utilizadas en estudios clínicos, podemos comparar las muestras de orina recogidas con ellas, y establecer unos niveles de hidratación y deshidratación.

En la actualidad, se han desarrollado y comercializado diversas soluciones para detectar estados de deshidratación, pero en su mayoría resultan dispositivos costosos, de complejo funcionamiento, o en vías de desarrollo aún, resultando no alcanzables a todo el mundo.

Teniendo en cuenta lo expuesto, en este proyecto se pretende encontrar una solución más sencilla y accesible, que pueda detectar estados de deshidratación gracias a la comparación de colores con las cartas de color de la orina, y comprobar la influencia de ciertos parámetros recogidos (como humedad relativa, temperatura ambiente, actividad física realizada, etc) en la detección de estados de deshidratación, para así poder anticipar problemas leves de salud, como los típicos dolores de cabeza.

### **1.3 OBJETIVO**

El objetivo principal de este proyecto es diseñar un dispositivo capaz de detectar la deshidratación sufrida en el cuerpo humano, para prevenir así posibles problemas de salud.

Para ello, ha sido necesario llevar a cabo los siguientes pasos:

- Análisis sobre las características principales de la deshidratación.
- Análisis sobre los diferentes sensores o dispositivos capaces de detectar deshidratación, y elección de uno de ellos.
- Análisis de los posibles colores que puede presentar la orina, y su relación con la deshidratación.
- Realización de un estudio con los parámetros a considerar a la hora de la recogida de las muestras de orina.
- Captura y etiquetado de las muestras recogidas.
- Clasificación de las muestras y representación de los Diagramas de Voronoi.
- Elaboración de un modelo de regresión lineal múltiple con los datos del estudio.
- Valoración de los resultados obtenidos.

## 1.4 ESTRUCTURA DEL PROYECTO

Esta memoria está formada por los capítulos que se describen a continuación:

- Capítulo 2: En este capítulo se desarrolla un estado del arte con un estudio sobre diferentes sensores o dispositivos que actualmente podrían detectar y/o analizar la deshidratación sufrida por una persona. Bien sea a través de un análisis de sustancias iónicas, como a partir de observaciones tales como la elasticidad de la piel o el color de la orina.
- Capítulo 3: En este capítulo se detallan los diferentes posibles colores que puede tener la orina y los posibles problemas de salud que puede ir asociados a ellos. Además se profundizará en los colores que indican los diversos grados de hidratación o deshidratación, ya que la orina hace de indicador de los niveles del agua en el metabolismo.
- Capítulo 4: En este capítulo se define de forma detallada el etiquetado realizado con las muestras de orina recogidas para el estudio. así como otros parámetros relacionados que ayuden en la clasificación de las muestras.
- Capítulo 5: En este capítulo se normalizan las imágenes de las muestras del estudio para posteriormente realizar una serie de operaciones para el tratamiento de las mismas. Además, se realiza una clasificación de las muestras y se representan sus Diagramas de Voronoi correspondientes.
- Capítulo 6: En este capítulo se calcula el modelo de regresión lineal múltiple correspondiente a los datos asociados a las muestras del estudio. Después se comprueba la precisión del modelo con el cálculo de la matriz de confusión resultante.
- Capítulo 7: En este capítulo se exponen las conclusiones extraídas y líneas de trabajo futuras que se podrían desarrollar a partir de la realización del presente proyecto.
- Capítulo 8: En este capítulo se exponen las diferentes fases en las que se divide el proyecto, representadas en un Diagrama de Gantt; y se detalla el presupuesto, formado por los costes directos materiales, personales e indirectos.
- Referencias: En este apartado se listan las referencias que aparecen a lo largo de la memoria.
- Otras referencias consultadas: En este apartado se listan artículos, sitios web y demás definiciones consultadas a lo largo de esta memoria.
- Anexos: En este apartado se adjuntan: un contexto ampliado sobre la deshidratación, los mapas geográficos con las humedades relativas de los días de recogida de las muestras, y el Diagrama de Gantt detallado.



Aclarar que en todo momento se ha conservado el anonimato de los voluntarios del estudio. Los datos personales sólo se han utilizado en este proyecto y serán custodiados adecuadamente según la Ley de Protección de Datos (LOPD 15/1999, RD 1720/2007).

## **1.5 CONTEXTO SOBRE DESHIDRATACIÓN**

Principalmente, la deshidratación es un proceso mediante el cual el cuerpo sufre una pérdida excesiva de agua y sales minerales. Mientras que la hiperhidratación es el proceso contrario, es decir, cuando el cuerpo tiene un exceso de agua.

La importancia de la deshidratación viene dada a que el principal elemento del cuerpo humano es el agua. En un recién nacido el 75% de su peso es agua, en cambio, en un adulto, el agua que lo compone es aproximadamente un 55% ó 60% de su peso corporal (varía porque en mujeres y ancianos es algo menor).

La distribución del agua dentro del organismo también va a ser diferente dependiendo de la edad, el género, etc.

El agua está presente en la sangre, el cerebro, los músculos, órganos y tejidos,... y es parte esencial de todos los demás elementos y sustancias corporales.

Si el intestino funciona normalmente, el agua y las sales (sodio, potasio, magnesio,...) se reabsorben y pasan a la sangre; pero si se produce una alteración, conlleva una disminución del líquido intracelular, acompañado de una pérdida de sales y proteínas.

El agua puede salir del organismo por diferentes vías: digestiva, transcutánea, pulmonar y renal.

Básicamente la deshidratación puede ser causada por la pérdida excesiva de líquidos, por no ingerir suficiente agua o líquidos, o por una combinación de ambas. Algunas de las causas por las que se puede producir un exceso en la eliminación de líquidos son:

- Vómito o diarrea
- Sudoración excesiva
- Gasto urinario excesivo

También está la posibilidad de una ingesta insuficiente de líquidos, la cual puede ser debida a:

- Pérdida del apetito y de la sed
- Náuseas

La deshidratación se clasifica en tres tipos, dependiendo de la cantidad de líquido corporal que se haya perdido o que no se haya repuesto:

- Deshidratación leve: se puede producir aunque se tome mucha agua. Puede reducirse o incluso eliminarse por completo.

Las pérdidas de líquidos corporales supondrían hasta un 5% del peso corporal.

Los síntomas más comunes son: sed, mucosas ligeramente secas, disminución del volumen de orina, cansancio, escasez de lágrimas, dolor de cabeza, vértigo,...

- Deshidratación moderada: donde las pérdidas de líquidos corporales estarían entre un 5% y un 10 % del peso corporal.

Los síntomas más frecuentes son: ausencia de la producción de la orina, letargo y somnolencia, desvanecimientos, ojos hundidos y ojerosos, piel y mucosas secas, debilidad, taquicardia leve, hipotensión, náuseas,...

- Deshidratación grave: donde las pérdidas de líquidos corporales pueden llegar hasta un 15% (más de un 15% de pérdida suele ser mortal).

La deshidratación grave sin tratamiento puede llegar a ocasionar: desnutrición por fuertes diarreas, músculos espásticos o convulsiones, extremidades frías y cianóticas, delirio, obnubilación, estados de shock, colapso cardiovascular, daño cerebral...

En cuanto al tratamiento se puede decir que la deshidratación puede desaparecer rápidamente, ya que gran parte de sus síntomas pueden desaparecer en un periodo de tiempo pequeño (media hora o una hora) después de la ingesta de líquidos sin ninguna limitación, incluso con deshidrataciones de hasta el 10% del peso corporal. Aunque siempre es mejor tomar pequeñas cantidades de líquido frecuentemente, en vez de tratar de forzar una gran cantidad de líquido de una sola vez. Para casos de deshidrataciones más graves sería necesaria la hospitalización del paciente y la administración de líquidos intravenosos.

Pero para corregir un estado de deshidratación no es suficiente sólo con la reposición de agua, sino que también deben reponerse los electrolitos perdidos en el proceso. Siendo las soluciones de electrolitos (como las bebidas isotónicas) una buena solución.

Lo recomendable sería beber siempre que se tenga sed para tener un estado de hidratación óptimo evitando así malestares innecesarios. Tampoco es aconsejable beber demasiada agua al día sin que el cuerpo lo pida, puesto que podríamos provocar un envenenamiento por agua, es decir, lo que se conoce como hiperhidratación.



# Capítulo 2

## Estado del arte

### 2.1 INTRODUCCIÓN

Teniendo ya unos conocimientos básicos sobre qué es la deshidratación, por qué se produce, cuáles son sus síntomas, etc. Podemos pasar a buscar o ver qué sensores o dispositivos podrían utilizarse actualmente para conseguir detectar y analizar la deshidratación en una persona.

Detectar la deshidratación para adelantarnos a posibles malestares o incluso prevenir algunos síntomas es el objetivo de este estudio, por tanto considerando lo explicado en el capítulo anterior, se podría realizar mediante varias vías diferentes.

Bien sea a través de un análisis para estudiar las concentraciones de las principales sustancias iónicas que interfieren en la hidratación y deshidratación del metabolismo, como son el sodio, el potasio, ...

O bien a partir de observaciones en diferentes síntomas producidos en el cuerpo a causa o no de una deshidratación, por ejemplo, la elasticidad de la piel, el color de la orina,...

## 2.2 SENSORES POTENCIOMÉTRICOS

### 2.2.1 Introducción

El análisis de los diferentes líquidos del cuerpo, tales como la sangre, la orina, la saliva, el líquido cefalorraquídeo, etc., proporcionan información sobre el estado del organismo.

Por tanto, con la extracción de uno de estos líquidos y el posterior análisis clínico en un laboratorio, se podrían conocer las proporciones de ciertos iones, sustancias,...

Los electrolitos más importantes o con mayor relevancia en los procesos metabólicos son el sodio, el potasio y el cloruro. En concreto, en el caso de la deshidratación, sería el sodio.

Con lo cual, si se analizasen ciertas muestras de líquidos, como por ejemplo la orina, y se viesen las cantidades de sodio, se podría saber el estado de deshidratación en el que se encuentra el individuo.

Esto se podría conseguir con sensores potenciométricos.

### 2.2.2 Sensores potenciométricos

El fundamento teórico en el que se basan este tipo de sensores está establecido por la ecuación de Nernst, la cual se basa en la medida de los potenciales eléctricos en materiales o soluciones para calcular la concentración de disoluciones iónicas <sup>[25]</sup>.

Básicamente, este tipo de sensores constan de tres elementos <sup>[25]</sup>:

- un dispositivo de medida de potencial. Es un voltímetro muy sensible que amplifica la señal producida por los electrodos (una señal débil) y permite su lectura, llegando a lecturas de 0.1mV con gran exactitud.
- un electrodo de referencia. Suelen ser de doble unión.
- un electrodo selectivo a iones (ISE: Ion Selective Electrode). Son electrodos sensibles a la presencia del tipo de ión a caracterizar en la solución. Permiten la cuantificación de dicho ión en la solución dada <sup>[28][30]</sup>.

Con estos electrodos selectivos a iones, la membrana es responsable tanto del reconocimiento selectivo como de la transformación del potencial generado en una señal eléctrica que se puede medir, es decir el receptor y el transductor están integrados en un único elemento <sup>[25]</sup>.

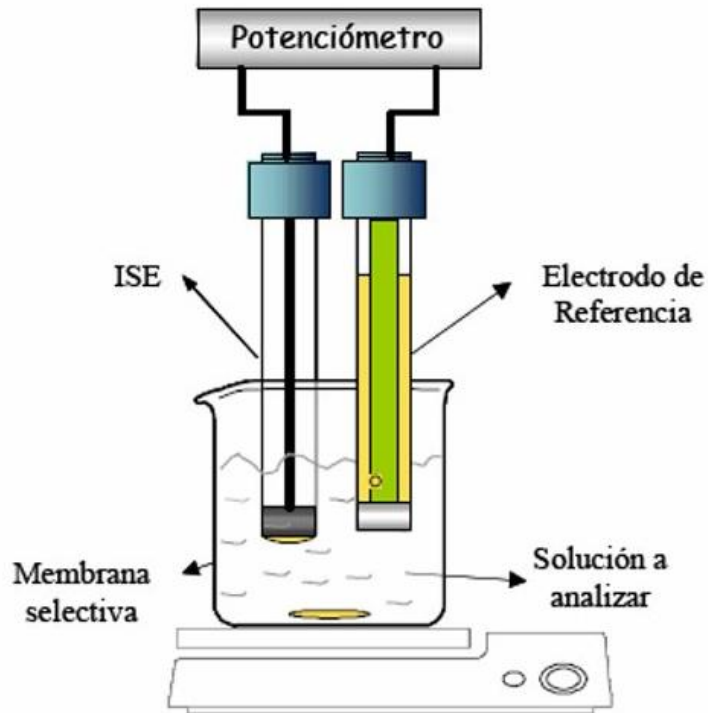


Figura 1. Representación de un montaje experimental para la realización de medidas potenciométricas <sup>[47]</sup>

El montaje de este sistema actúa como una pila, de forma que al sumergir los dos electrodos en la solución se establecerá un flujo momentáneo de iones en la interface existente entre la membrana selectiva y la solución de trabajo, produciéndose una diferencia de potencial, cuya magnitud depende de la cantidad de iones presente en la solución <sup>[25]</sup>.

La diferencia de potencial medida es la suma de tres contribuciones <sup>[25]</sup>:

- la interacción entre la membrana y el ión de interés.
- la interacción originada entre el elemento de referencia y el medio donde está insertado, la cual proporciona potencial constante si la composición del medio de referencia y la temperatura no varían.
- la unión líquida originada entre la solución de trabajo y la solución interna del electrodo de referencia.

### 2.2.3 Tipos de sensores potenciométricos

La construcción de los diferentes tipos de sensores potenciométricos depende de dos aspectos: del tipo de solución que deseamos medir, y del tipo de electrodos que utilizemos <sup>[25]</sup>.

Basados en los electrodos utilizados se pueden clasificar en <sup>[25]</sup>:

- **Sensores potenciométricos de estado sólido:** utilizados para la determinación de bromuro, cloruro, ioduro, cobre, cianuro, fluoruro, iones de plata y plomo. El sodio, que sería el elemento más determinante a medir para nuestro estudio, se encontraría en este grupo de sensores.
- **Sensores potenciométricos de estado líquido:** disponibles para mediciones de nitratos, potasio y calcio.
- **Sensores potenciométricos de estado gaseoso:** detectan gases disueltos en la solución a analizar.



Figura 2. Tipos de electrodos <sup>[47]</sup>

#### 2.2.4 Electrodo de referencia

En la mayoría de los casos se pretende proporcionar potenciales reproducibles, estables en el tiempo frente a cambios de temperatura, constantes con el paso de pequeñas corrientes y completamente insensibles a la composición de la solución que se esté estudiando <sup>[25]</sup>.

A este tipo de electrodos se les denomina 'Electrodo de referencia' <sup>[25]</sup>.



Figura 9. Electrodo de referencia <sup>[47]</sup>

Los electrodos más comunes son <sup>[25]</sup>:

- Electrodo de Calomel (Cloruro de Mercurio)
- Electrodo de Plata-Cloruro de Plata

Estos electrodos de referencia son de fácil preparación y mantenimiento, lo que supone un coste económico <sup>[27]</sup>.

## 2.2.5 Electrodo indicador

El otro electrodo utilizado en este tipo de sensores es el 'electrodo indicador', cuya respuesta depende de la concentración del analito que se esté estudiando <sup>[25][27]</sup>.



Figura 4. Electrodos indicadores <sup>[47]</sup>

Los electrodos indicadores son de dos tipos <sup>[25]</sup>:

- Electrodo indicador metálico.

Se subdividen en dos especies:

- Para cationes. Se utilizan para la cuantificación del catión proveniente del metal con el que está construido dicho electrodo.
  - Para aniones. Ya que un electrodo responde de forma indirecta también a los aniones que forman precipitados poco solubles o complejos con su catión.
- Electrodo indicador de membrana. También denominados electrodos específicos o selectivos para iones <sup>[29]</sup>.



Es el método más adecuado para la medida del pH. Consiste en medir el potencial desarrollado a través de la membrana de vidrio que separa dos soluciones con diferente concentración de ión hidrógeno <sup>[27]</sup>.

En la actualidad, se han desarrollado electrodos de membrana que permiten la cuantificación potenciométrica directa de varios iones (potasio, sodio, litio, calcio,...).

También se subdividen en dos tipos, dependiendo de la composición de dicha membrana <sup>[27]</sup>:

- Electrodos de membrana cristalina (Cristal simple, cristal policristalino o mezcla)
- Electrodos de membrana no cristalina (Vidrio para determinar sodio. líquido para determinar potasio o calcio, y líquido inmovilizado en polímero rígido)

### 2.2.6 Aplicaciones industriales

- Análisis de iones de procesos industriales batch (aquellos en los que la salida del proceso se lleva a cabo en forma de cantidades o lotes) o continuos (caracterizados por una salida del proceso en forma de flujo continuo) <sup>[25][26]</sup>.
- Determinación de monitoreo continuo de la calidad de aire y gases contaminantes <sup>[25]</sup>.
- Determinación de electrolitos en fluidos fisiológicos para análisis clínicos <sup>[25]</sup>.
- Desarrollo de biosensores basados en enzimas inmovilizadas y electrodos <sup>[25]</sup>.
- Determinación de iones constituyentes en muestras de agricultura, medio ambiente y farmacia <sup>[25]</sup>.
- Determinación de pH <sup>[25]</sup>.
- Determinación del punto final en titulaciones de ácidos, bases y redox <sup>[25]</sup>.

En lo que concierne a este estudio, la aplicación industrial que se podría utilizar como opción para la detección de deshidratación sería la determinación de electrolitos (bien el sodio, el potasio,...) en diferentes fluidos fisiológicos (los más comunes son la sangre y la orina) para análisis clínicos.

Esto implicaría trabajar con equipos especializados en el análisis químico y clínico de muestras, algo que no está disponible ni al alcance de todo el mundo. Por tanto, al necesitar equipos especializados, también implicaría participación de personal cualificado para su utilización. Al igual que para la interpretación de los valores y resultados obtenidos, serían necesarios una serie de conocimientos específicos.

### 2.2.7 Pros y contras en la utilización de sensores potenciométricos

Como todos los dispositivos, la utilización de este tipo de sensores tiene sus ventajas y desventajas.

### **2.2.7.1 Ventajas**

- La mayoría de las muestras líquidas y gaseosas se pueden analizar fácilmente y sin muchos problemas, ya que requieren poca preparación.
- El tiempo requerido para un análisis depende de varios factores: el electrodo usado, el analito determinado y la concentración del mismo.

Para electrodos de ion selectivos convencionales, los tiempos típicos de muestras van de 5 a 60 segundos, sin incluir el tiempo de calibración.

Sin embargo, para sensores de gas y enzimáticos se requieren de 1 a 5 minutos para la determinación de una muestra simple.

- Para aquellas especies que existe un electrodo indicador, se pueden utilizar medidas potenciométricas directas para completar análisis químicos.

Supone una técnica simple y requiere sólo la comparación del potencial producido por el electrodo indicador en una solución problema, con el potencial obtenido al sumergir el mismo electrodo en una solución patrón.

- Una de las titulaciones (o métodos corrientes de análisis químico) más útiles desde el punto de vista químico y urbano son las titulaciones con EDTA (ácido etilendiaminotetraacético, que es una sustancia utilizada como agente quelante que puede crear complejos con ciertos metales). Pero estas titulaciones pueden hacerse cada vez más eficientes y específicas, si se usan acompañadas de instrumentos de potenciometría.

### **2.2.7.2 Desventajas**

- Las muestras sólidas sólo se pueden analizar si es posible prepararlas en forma de solución. Por ejemplo, los sólidos orgánicos (alimentos, productos farmacéuticos,...) no se disuelven fácilmente, por ello hay que calcinarlo primeramente, y luego extraer sus iones, utilizando el solvente adecuado a cada caso.
- Una de las mayores desventajas de estos sensores es que hay muchos iones para los cuales no existe un electrodo selectivo.
- La mayoría de los electrodos requieren una calibración frecuente para usar en análisis cuantitativos precisos.
- Hay una serie de efectos que afectan a las medidas potenciométricas y que se deben tener siempre en cuenta: diferencias en fuerzas iónicas, los electrolitos presentes en la muestra, así como su influencia sobre el potencial de unión, la presencia de especies que pueden arruinar la superficie activa del electrodo, etc.
- La utilización de métodos potenciométricos en la caracterización de sustancias, a pesar de ser uno de los métodos más usados por su sencillez y rapidez en el procesamiento, implica una serie de complejos estudios matemáticos y químicos para describir el

comportamiento de los materiales empleados en la fabricación del instrumento con respecto a las soluciones del estudio en sí.

- Personal cualificado para el procesamiento e interpretación de muestras analizadas con estos métodos potenciométricos.

## 2.3 TATUAJE ELECTRÓNICO

### 2.3.1 Introducción

En este apartado vamos a considerar otro posible dispositivo útil para la medición de ciertos parámetros que nos puedan ayudar en la detección de estados de hidratación o deshidratación en personas.

Este tipo de dispositivo desarrollado recientemente y aún en fases de prueba, podría ayudarnos en nuestro propósito. Ya que además de medir y memorizar las alteraciones en la temperatura corporal de una persona, puede medir la deshidratación sufrida en la piel.

Gracias a estos datos, podríamos detectar la deshidratación de manera instantánea.

### 2.3.2 Tatuaje electrónico

Científicos de la Universidad de Medicina de Illinois (EEUU), dirigidos por John Rogers, han diseñado un tatuaje con electrónica dérmica compuesta por electrodos finos, sensores y energía inalámbrica que permite monitorear el estado de la salud de las personas.

El director de este estudio, John Rogers, ha llamado a este sistema Tecnológico “Electrónica Epidérmica” ya que está compuesta por electrodos ultra-finos, sensores, sistemas de comunicación y alimentado con energía inalámbrica <sup>[41]</sup>.

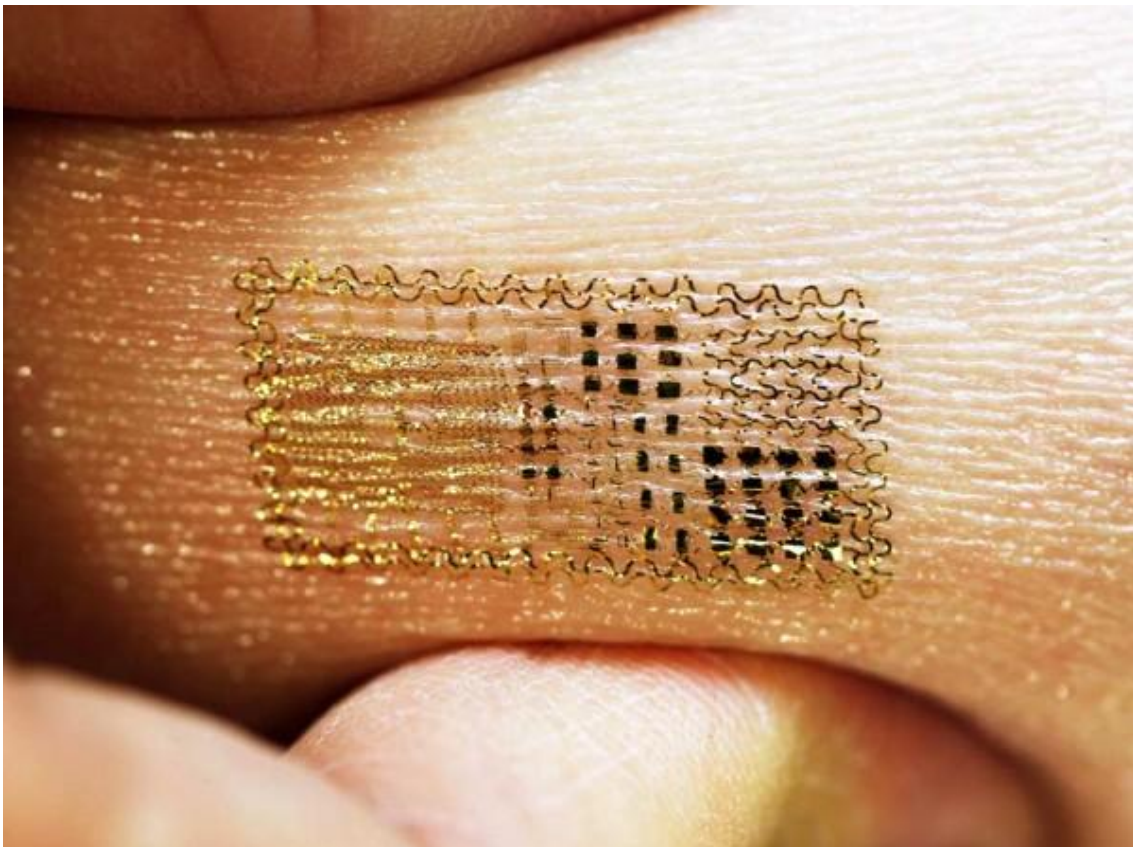
Este tipo de sensor, se adhiere a la piel del mismo modo que un tatuaje temporal, y puede moverse, doblarse y estirarse sin romperse o despegarse. Gracias a que el sensor está montado sobre una lámina de plástico soluble en agua, sólo es necesario mojarlo ligeramente para adherirlo a la piel <sup>[42]</sup>.

Ya en 2008, ingenieros de la Universidad de Tokio crearon un material conductor, similar a una media de rejilla, hecho con nanotubos de carbono y caucho, que podía extenderse más de un tercio de su longitud natural <sup>[43]</sup>.

Basándose en esta tecnología, el equipo de Rogers desarrolló una geometría del dispositivo de serpiente filamentosa, en la que los circuitos para los diversos dispositivos se fabrican como cables diminutos (squiggled). Montándose en finas láminas suaves de caucho, onduladas en forma de serpiente, que permite al dispositivo doblarse, girar, crujiir y estirarse, manteniendo en todo momento su funcionalidad.

Colocar los componentes y cables demasiado cerca, endurecería el dispositivo, haciéndolo susceptible a romperse, por lo que el grupo de científicos dirigidos por Rogers utiliza un programa de ordenador para predecir todas las presiones y tensiones que surgen con diferentes diseños, y luego escoge la que mantiene la elasticidad al máximo <sup>[43]</sup>.

La apariencia del chip se puede ver como un código de barras dorado. Este conjunto de componentes electrónicos incluye sensores, LEDs, transistores, condensadores de frecuencia de radio, antenas inalámbricas, bobinas conductoras y células solares para la obtención de energía <sup>[46]</sup>.



*Figura 5. Tatuaje electrónico <sup>[43]</sup>*

Los investigadores fueron capaces de reducir su tamaño en 13 veces y hacer que dure dos semanas antes de que el proceso natural de exfoliación de la piel haga que el dispositivo desaparezca <sup>[44]</sup>.

El objetivo que cumplen estos chips dérmicos es hacer un seguimiento constante de la salud del portador, o bien controlar la cicatrización de heridas después de haber sido sometido a alguna operación. Algunas de las capacidades del tatuaje son la medición de la temperatura corporal de una persona, su tensión e hidratación de la piel, además de un sistema que permite controlar la cicatrización y evolución de heridas.

Permite registrar las alteraciones de la temperatura corporal a lo largo del tiempo. De esta manera, se puede ver cómo fluye el calor a través del torrente sanguíneo o cómo la dilatación y constricción de los vasos sanguíneos altera sutilmente la temperatura a su alrededor <sup>[45]</sup>.

Además, este tatuaje ha sido utilizado para medir la actividad eléctrica en la pierna, el cerebro y el corazón, hallando medidas que coinciden bastante bien con las tomadas con los medios tradicionales <sup>[42]</sup>.

Estos tatuajes electrónicos buscan como resultado final que la información recolectada por los microchips pueda ser transmitida a los hospitales de forma inalámbrica en el momento.

### **2.3.3 Pros y contras de la utilización de tatuajes electrónicos**

La utilización de este dispositivo, conlleva unas ventajas y unas desventajas a tener en cuenta:

#### **2.3.3.1 Ventajas**

- Se trata de un elemento ultra-fino, elástico y articulado, semejante a la piel humana.
- Conlleva una colocación sencilla, bastándose para ello de un poco de agua, pues lleva el mismo sistema que los tatuajes temporales.
- Puede colocarse en cualquier parte del cuerpo, incluso encima de cualquier tatuaje en la piel.
- Son sensores muy pequeños, poco invasivos, que podrían ser especialmente útiles a la hora de monitorear a bebés o pacientes sometidos a estudio que deberían estar conectados a multitud de cables y aparatos <sup>[42]</sup>.

#### **2.3.3.2 Desventajas**

- Aún no es comercial, está siendo sometida a estudios por científicos de varias universidades.
- Esta tecnología debe ser probada bajo todo tipo de circunstancias, ya que la piel puede encontrarse en una amplia gama de condiciones, de estados secos a sudorosos, por lo que el dispositivo deberá permitir la transpiración y respiración de la piel, y seguir funcionando con normalidad <sup>[43]</sup>.
- Se trata de un dispositivo no permanente, temporal. Puede permanecer adjunto a la piel poco más de 15 días en cualquier parte del cuerpo, hasta la exfoliación propia de la piel.
- Actualmente es muy costoso en su fabricación, pues los materiales tienen que ser de unas características especiales. Por ejemplo, lee la temperatura de la piel con la calidad de una cámara infrarroja que vale un cuarto de millón de dólares.
- Requiere personal y equipos especializados, no tanto por la colocación del dispositivo, sino por la interpretación y monitorización de los resultados.

## 2.4 DISPOSITIVO PARA DETECCIÓN DEL SIGNO DEL PLIEGUE CUTÁNEO

### 2.4.1 Introducción

Teniendo en cuenta que la piel es el mayor órgano del cuerpo humano (suponiendo una superficie total de entre 1.5 - 2 m<sup>2</sup>, dependiendo del volumen de la persona), hay que considerar las posibilidades e información que puede llegar facilitar su estudio <sup>[38]</sup>.

Se consideran características de la piel a la turgencia, la elasticidad, la temperatura y la humedad de la misma <sup>[31]</sup>. Por tanto, llevar a cabo un estudio o seguimiento de ellas, proporcionaría la información necesaria o parcial para infinidad de estudios o investigaciones <sup>[43]</sup>.

En nuestro caso, gracias a la turgencia y elasticidad de la piel, o lo que es lo mismo, a la capacidad de la piel para cambiar de forma y retornar a la normalidad o estado inicial <sup>[35][37][39]</sup>; podemos saber si un individuo se encuentra en estado de deshidratación o no, por medio de lo que se conoce como "signo del pliegue cutáneo" <sup>[31]</sup>.

La turgencia cutánea va ligada de tal forma a la deshidratación, que el personal médico utiliza comúnmente la prueba del "signo del pliegue cutáneo" para la evaluación del grado de pérdida de líquidos en el que se encuentra o no un individuo <sup>[36][39]</sup>.

### 2.4.2 Signo del pliegue cutáneo

Se trata de un signo clínico de deshidratación, que consiste en una apreciación visual de la pérdida de turgencia de la piel <sup>[33]</sup>.

Consiste en realizar un pliegue, pellizcando suavemente la piel, con los dedos pulgar e índice, y comprobar cuánto tiempo tarda en volver a su estado inicial <sup>[33]</sup>.

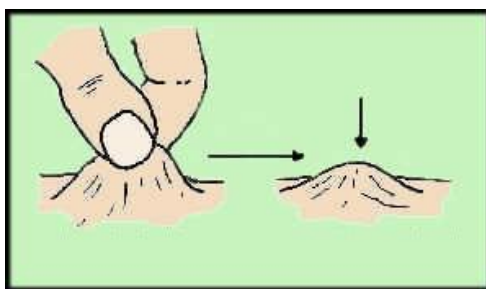


Figura 6. Figura explicativa de la realización de la prueba del signo del pliegue <sup>[48]</sup>

La realización de esta práctica suele llevarse a cabo en la piel del abdomen (principalmente en bebés) o en la piel del dorso de la mano <sup>[33]</sup>.

Lo que hay que observar inmediatamente después de la realización del pliegue es <sup>[32][33]</sup>:

- si el pliegue de la piel se deshace con rapidez, lo que supondría un estado de hidratación normal.

- si el pliegue de la piel se deshace con lentitud, lo que indicaría deshidratación.
- si el pliegue de la piel se deshace con mucha lentitud (tardando más de 2 segundos en recuperar su estado natural), lo que avisaría de un estado de deshidratación moderado o severo.

Se considera el signo del pliegue positivo cuando al pellizcar la piel no regresa a su forma original de inmediato. La deshidratación hace que la piel pierda parte de su elasticidad y turgencia <sup>[32]</sup>.



*Figura 7. Signo del pliegue positivo <sup>[49]</sup>*

Por el contrario, se considera el signo del pliegue negativo cuando tras realizar el pliegue con los dedos, la piel vuelve a su estado inicial inmediatamente y sin dejar ningún tipo de marca. Este es un indicativo de un estado de hidratación apto, o por lo menos un estado de deshidratación no muy perceptible <sup>[34]</sup>.

### **2.4.3 Implementación práctica**

Para adaptar este método y poder considerarlo como una opción más en la detección de la deshidratación de una persona, como estamos estudiando en este proyecto, necesitaríamos una serie de herramientas para la obtención y tratamiento de la información.

Para comenzar, requeriría de dos personas para poder llevar a cabo esta opción. Una encargada de realizar con sus dedos, índice y pulgar, el pliegue en la piel del sujeto a estudiar. Y otra responsable de cronometrar el tiempo que tardaría la piel en volver a su estado inicial, una vez se han retirado los dedos que forman el pliegue.

Dependiendo del tiempo obtenido, más la realización de otras pruebas u observaciones, se podría clasificar si el individuo está en estado de deshidratación o no.

Habría que intentar aplicar siempre el mismo tipo de presión en la realización de la prueba, intentar "pellizcar" la misma cantidad de piel, hacerla durante la misma cantidad de tiempo,... Suponiendo una cantidad de variables no exactas elevada.

Como ya hemos visto, en la piel afectan la humedad y la temperatura ambiental, con lo cual, podrían darse resultados erróneos en la realización de la prueba, dependiendo de la situación climatológica del momento y la exposición de la piel a ella.

Esta prueba limita mucho el rango de personas a las que resultaría efectiva, ya que en edad, por ejemplo, a medida que aumentan los años del individuo, disminuye la turgencia de la piel de forma fisiológica, y pierden efectividad sus resultados.

Esto es, la hidratación cutánea en un niño es baja, alcanza su máximo en los adultos entre 20 y 40 años, y en la vejez vuelve a decrecer, debido a la capacidad decreciente de acumular grasas en la epidermis (la capa más externa de la piel).

También a medida que se avanza en edad las reservas naturales de las dos proteínas más importantes de la piel, que son el colágeno y la elastina, disminuyen en el cuerpo.

Por otro lado, personas con problemas de obesidad o cuadros de desnutrición, aunque estén bien hidratadas, no presentan resultados fiables, ya que pueden dar falsos positivos en el "signo del pliegue".

Trastornos del tejido conectivo, tales como esclerodermia (se da cuando el sistema inmunitario ataca por error y destruye tejido corporal sano) o "Síndrome de Ehler's Danlos" (carencia o escasez de colágeno), puedan afectar a la elasticidad y turgencia de la piel, y dar falsos positivos en este tipo de prueba, sin tener relación alguna con la cantidad de líquidos en el organismo de una persona.

#### **2.4.4 Pros y contras en la utilización de este método**

En este caso, la utilización de un dispositivo capaz de utilizar la información proporcionada por este tipo de método de detección de la deshidratación supone una serie de ventajas y desventajas.

##### **2.4.4.1 Ventajas**

- Su simpleza a la hora de realizar este tipo de prueba es la mayor ventaja con la que cuenta. La realización del "signo del pliegue cutáneo" es un método que puede realizar cualquier individuo, incluso a sí mismo para comprobar su estado de hidratación, ya que se trata sólo de hacer un pliegue en la piel con dos dedos.
- Por tanto, no requiere personal cualificado ni especializado para la interpretación de los resultados.

Al contrario que con los sensores potenciométricos o tatuajes electrónicos.



- Se trataría de una prueba económica, ya que el único coste sería el cronómetro. No es necesario ningún material más.
- Es una forma de detección de deshidratación muy rápida. No requiere preparación previa, y la obtención del resultado es inmediata.

#### **2.4.4.2 Desventajas**

- Es una medida un poco subjetiva del estado de deshidratación.
- La disminución de la turgencia de la piel es un signo tardío de deshidratación, y cuando mejor puede apreciarse es cuando ya se trata de una deshidratación severa o moderada. Con lo cual no sirve para prevenir situaciones de deshidratación.
- Este tipo de prueba debe complementarse junto a otro tipo de pruebas u observaciones, ya que por sí sola no es concluyente.

Generalmente se considera junto con otros síntomas para poder hacer una determinación concluyente sobre el estado de deshidratación, es decir, observación si las mucosas orales están secas, si se observa una palidez generalizada en el individuo, si sufre un deterioro del estado de consciencia, si ha sufrido vómitos, diarrea, hemorragias, etc.

- Este tipo de observación, no es válido para todo tipo de personas.

Personas con problemas de obesidad o con importantes cuadros de malnutrición no son fiables a la hora de dar un diagnóstico sobre el estado de hidratación en el que se encuentren.

- Según el sexo o la edad, este signo puede alterarse.

Sabemos que el porcentaje de agua en el cuerpo de un hombre adulto es ligeramente mayor que en el cuerpo de una mujer, debido a un mayor contenido de grasa corporal; y que también disminuye con la edad. La pérdida de turgencia en la piel de una persona de edad avanzada, implica una pérdida de sensibilidad en la observación del pliegue.

Este tipo de procedimiento, es más efectivo en pacientes pediátricos.

- Sus resultados pueden depender de factores ambientales tales como la humedad relativa o la temperatura, y la exposición de la piel a ellos.
- La realización de este tipo de pruebas requiere al menos la utilización de dos personas.
- Al igual que para realizar la prueba, es necesario un cronómetro preciso, ya que estaríamos trabajando con tiempos muy pequeños en la mayoría de los casos (menores de 2 segundos), lo que implicaría un coste más elevado.

Además de contar con la velocidad del individuo que controle el cronómetro, que no va a ser tan exacto como una máquina.

- Habría una serie de variables difíciles de controlar:

- presión aplicada en la realización del pliegue
- intentar capturar la misma cantidad de piel siempre que se realice esta prueba, y en el mismo sitio
- duración de la prueba
- etc.

## **2.5 DISPOSITIVO PARA CLASIFICAR SEGÚN EL COLOR DE LA ORINA**

### **2.5.1 Introducción**

Como ya hemos explicado, la orina puede ser una gran fuente de información a la hora de querer saber el estado de hidratación o deshidratación que presenta una persona <sup>[40]</sup>.

En concreto, los diferentes colores que puede presentar la orina, sirven como indicadores de los diferentes estados de hidratación que presenta el cuerpo humano <sup>[40]</sup>.

La gama de colores que puede presentar la orina de una persona es tan amplia, que ayuda mucho en la detección y diagnóstico de múltiples enfermedades, no sólo las relacionadas con el estado de hidratación <sup>[40]</sup>.

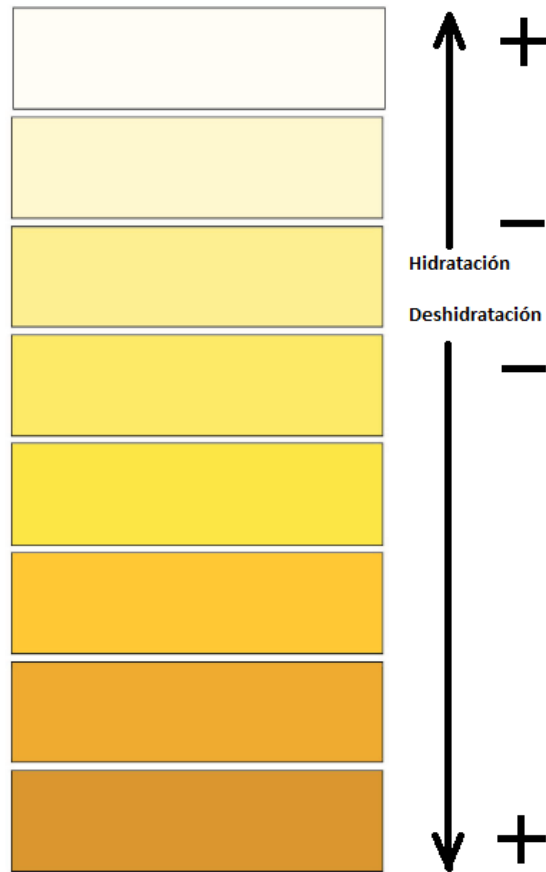
### **2.5.2 Deshidratación según el color de la orina**

Como se ha expuesto anteriormente, la orina puede servirnos como un buen indicador de los distintos niveles de hidratación o deshidratación que podemos presentar en cada momento.

Esto es debido, a que el cuerpo humano está formado por una gran cantidad de agua, la cual tiene múltiples funciones en el organismo, como pueden ser la regulación de la temperatura corporal transportar nutrientes y oxígeno a diferentes partes del organismo, etc. <sup>[40]</sup>.

Si el organismo de una persona ve reducida su cantidad de agua en él, esto se puede apreciar visualmente gracias al color de la orina. Ya que en vez de presentar un color muy claro (como indicador de un buen estado de hidratación), presentará un color oscuro, debido a la alta concentración de residuos e impurezas, así como a una disminución de su cantidad, como claros indicativos de deshidratación.

Gracias a una tabla de colores, donde el más claro indica hidratación óptima y el más oscuro deshidratación severa, podemos comparar el color de la orina y así estimar en qué estado nos encontramos para poder tomar medidas inmediatamente <sup>[40]</sup>.



*Figura 8. Carta de colores representando los grados de hidratación y deshidratación.*

### **2.5.3 Implementación práctica**

Esta opción, al igual que la del "signo del pliegue", sería bastante sencilla y simple de realizar.

La propia persona que quiera o necesite conocer el nivel de hidratación o deshidratación en que se encuentra, podría realizar este procedimiento.

Tras la obtención de la muestra de orina a analizar, realizaría una fotografía (intentando realizarla siempre sobre un fondo adecuado, preferiblemente blanco; y con luz suficiente e idónea, sin excesivas sombras ni brillos).

Posteriormente, esa imagen se pasaría a un ordenador, en el cual gracias a una sencilla aplicación de comparación de imágenes, se podría clasificar como hidratado o no hidratado, y tomar así una serie de medidas para solucionar situaciones indeseadas, en el caso de presentar deshidratación.

## **2.5.4 Pros y contras en la utilización de este método**

Como todos los dispositivos mencionados, este método presenta una serie de ventajas e inconvenientes a tener en cuenta:

### **2.5.4.1 Ventajas**

- Esta prueba no necesitaría personal cualificado ni especializado en ninguna materia, ya que cualquier persona está capacitada para obtener una imagen de la muestra a analizar y pasar a compararla.

Tampoco la interpretación de los resultados requiere ningún tipo de conocimiento adicional, lo único que tendría que leer la persona es el estado que la máquina le ha proporcionado.

- Se trataría de una prueba bastante económica. Actualmente, la mayoría de la sociedad dispone de algún dispositivo electrónico, tipo smartphone, cámara,... con el que poder tomar la fotografía, y algún ordenador en el que utilizar la aplicación para compararla.
- No requiere ningún tipo de preparación previa, y una vez obtenida la imagen de la muestra a analizar, el resultado proporcionado por la aplicación sería inmediato.
- Se trata de un indicador visual rápido y eficaz para empezar a tomar medidas rápidamente en caso de dar positivo en algún grado de deshidratación, pero ello no quita que se deba consultar con personal médico si la deshidratación es muy severa o si persiste, aun incrementando la ingesta de líquidos. Al igual que si va asociada a algún tipo de malestar o síntoma.
- Este tipo de prueba se puede realizar con la orina de cualquier persona, independientemente del sexo o la edad.
- Es una buena medida como prevención de estados más graves, ya que lo ideal sería que ante cualquier indicio de deshidratación, se pudieran tomar medidas, como un incremento en la cantidad de líquidos a tomar, y así prevenir futuros malestares o consecuencias.

### **2.5.4.2 Desventajas**

- No se trata de una medida 100% fiable, ya que la orina puede presentar alteraciones en su color, totalmente independientes del estado de deshidratación. Pero para casos en los que la persona no presenta ningún tipo de enfermedad previa, no está tomando ninguna sustancia que pueda alterar el color de la orina, y sigue unos hábitos de vida normales y saludables, es idónea como medida para saber el estado de deshidratación en el que se encuentra.
- Ante la persistencia de estados de deshidratación, sobre todo si son graves, debería complementarse junto a otro tipo de pruebas u observaciones, ya que por sí sola no sería concluyente.

- Aunque la prueba se le puede realizar a cualquier persona, hay que tener en cuenta que ciertos rangos de edad, o simplemente las mujeres, son más propensos a estados de deshidratación.
- Factores ambientales tales como la temperatura, la humedad relativa, etc. Pueden afectar ligeramente al estado de hidratación del individuo.
- Habría una serie de factores a tener en consideración para que la toma de la muestra a analizar fuera apta para una correcta comparación:
  - fondo adecuado para la toma de imagen a analizar. El blanco es el más idóneo ya que no añade ningún otro matiz al color original.
  - luz adecuada para que al realizar la captura de la imagen no presente brillos ni sombras indeseadas, que puedan llevar a un resultado erróneo.
  - cámara de una calidad aceptable. No serviría cualquier imagen, ya que el resultado no sería el correcto.
  - etc.

## 2.6 TABLA COMPARATIVA

Haciendo un resumen de los anteriormente expuesto y comparando las ventajas y desventajas que pueden presentar cada uno de los métodos, obtenemos la siguiente tabla:

	Sensor potenciométrico	Tatuaje electrónico	Signo del pliegue	Color de la orina
Simpleza de la prueba	-	-	++	+
Requiere personal cualificado	-	-	++	++
Coste económico	-	--	++	++
Rapidez en la obtención de resultados	+	+	++	+
Fiabilidad de la prueba	++	++	-	+
Necesita complementación de pruebas	+	-	--	-
Aplicable a todo tipo de personas	++	++	-	+
Depende de factores ambientales	+	-	-	-

*Tabla 1. Tabla comparativa entre los diferentes dispositivos para detectar deshidratación*

Analizando la tabla, podemos observar que la prueba que utiliza el color de la orina como método de detección de deshidratación de un individuo, es el método que más ventajas presenta.

Por tanto a partir de aquí, vamos a profundizar en esta opción , así como en el desarrollo de las operaciones para llevarlo a cabo.



## **Capítulo 3**

# **Relación entre deshidratación y color de la orina**

### **3.1 INTRODUCCIÓN**

El cuerpo humano tiene signos reveladores que indican cuándo está en problemas, como por ejemplo los diferentes colores en que puede presentarse la orina.

Haciendo un estudio detallado de esos colores, podemos identificar diferentes posibles problemas de salud, que junto a otros síntomas y las pruebas adecuadas médicas, darán lugar a un informe correcto.

En este capítulo nos centraremos en la gama de colores que indican los grados de hidratación y deshidratación, ya que la orina hace de indicador de los niveles de agua en el cuerpo.



## 3.2 DESHIDRATACIÓN

### 3.2.1 Introducción

Para empezar vamos a ver qué función tiene el agua para el cuerpo:

- sirve para mantener controlada la temperatura corporal. Es decir, debido al calor generado internamente por las funciones corporales, el agua actúa como refrigerante natural, disminuyendo la temperatura, haciendo que no se caliente demasiado.
- es otra forma de obtención de oxígeno, distinta a la que se da por medio de los pulmones.
- actúa como vía para el transporte de nutrientes y oxígeno, tanto a las células como a tejidos.
- actúa como humectante para la piel, y como lubricante para articulaciones y músculos.
- ayuda en la gestión de los residuos que produce el cuerpo, secretando y controlando los excesos de minerales como sodio, potasio, cloro,...

Después de ver las múltiples funcionalidades del agua en el cuerpo y su importancia, no cabe duda ver como su déficit puede causar problemas en las funcionalidades del cuerpo humano.

Por eso, estudiar una forma de detectar su disminución, puede ser muy importante.

### 3.2.2 Relación de la orina y la deshidratación

La orina es un indicador de alerta de deshidratación en el cuerpo <sup>[51]</sup>.

Ya que la orina es uno de los medios por los que se pierde mayor cantidad de agua en el cuerpo, estudiar el tipo de orina puede resultar interesante para detectar y prevenir mayores problemas.

Evidentemente, a menor contenido de agua en el cuerpo (estado de deshidratación), menor producción de orina y de mayor concentración de minerales en la misma <sup>[51]</sup>.

Por tanto, podemos decir que el color que presente la orina está ligado al nivel de hidratación del cuerpo humano <sup>[51]</sup>.

Pero no hay que olvidar que los diferentes colores de la orina no sólo están relacionados con los diferentes niveles de hidratación de un individuo, sino que hay muchos otros condicionantes o problemas de salud que indican sus síntomas a través de cambios de color en la orina <sup>[52]</sup>.

### 3.2.2.1 Carta de colores de la orina

Desde hace muchos años se llevan utilizando este tipo de tablas de equivalencias de colores para diagnóstico o ayuda al diagnóstico, como por ejemplo la que publicó en "Southern Medical Journal" en 1988 <sup>[61]</sup>.

A continuación se muestra una tabla que presenta los diferentes colores que puede presentar la orina y los posibles significados asociados a cada muestra <sup>[61]</sup>.

Color de la orina		Significado
	Blanco	<p>La orina con este color tiene nombre propio, que es "albinuria", y tiene asociadas las siguientes afecciones:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ quiluria: pérdida de líquido linfático en la orina</li> <li>▪ filariasis: infestación por "gusano redondo"</li> <li>▪ fístula linfática: conexión anormal entre el tracto urinario y los vasos linfáticos</li> <li>▪ esquistosomiasis: infección parasitaria</li> <li>▪ lipiduria: presencia de células de grasa en la orina debido al síndrome nefrótico</li> <li>▪ infusión de propofol: inyección del anestésico propofol</li> <li>▪ proteinuria: exceso de proteínas en la orina debido a problemas renales</li> <li>▪ piuria: células de pus en la orina</li> <li>▪ tuberculosis urinaria: tuberculosis en el tracto urinario</li> <li>▪ hipercalciuria: calcio elevado en la orina</li> <li>▪ hiperoxaluria: exceso de oxalato (componente de cálculos renales)</li> <li>▪ fosfaturia: fosfato en la orina</li> </ul>
	Color muy claro o incoloro	<p>Generalmente, una orina de color muy claro, o incolora, muestra que se está sobrehidratado, que los niveles de agua son buenos <sup>[52]</sup>. No debería seguir bebiendo más agua inmediatamente.</p> <p>Aunque si la orina no tiene color, puede ser un indicador de diabetes insípida, que causa grandes cantidades de orina muy diluida.</p> <p>Raramente, puede indicar enfermedades del hígado (como hepatitis o cirrosis hepática), o diabetes mellitus <sup>[52]</sup>.</p>
	Amarillo claro, pálido o turbio	<p>La orina de color amarillo pálido o claro, indica que el individuo está hidratado, que sus niveles de agua son normales. Debe seguir comiendo alimentos saludables y seguir una dieta equilibrada <sup>[59]</sup>.</p> <p>La orina turbia puede ser un indicador de cistitis.</p>
	Amarillo oscuro o dorado	<p>Si el color que presenta la orina está entre este rango de color, el sujeto está deshidratado. Necesita reponer líquidos <sup>[52]</sup>.</p> <p>La orina de color amarillo oscuro o dorado puede deberse a:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ un consumo excesivo de vitaminas o suplementos alimenticios del grupo B <sup>[50][56]</sup></li> <li>▪ consumo de laxantes que contengan "Cáscara Sagrada" o "Senna" <sup>[52]</sup></li> <li>▪ consumo de ciertos medicamentos como: cloroquina, nitrofurantoína, primaquina, metocarbamol, metronidazol,...</li> </ul>

		<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ cirrosis hepática</li> <li>▪ hepatitis <sup>[53]</sup></li> <li>▪ glomerulonefritis aguda: hinchazón e inflamación de los glomérulos en el riñón</li> <li>▪ consumo excesivo en la alimentación de habas, aloe o ruibarbo</li> </ul>
	Amarillo intenso, naranja o ámbar	<p>La orina de color naranja indica deshidratación también <sup>[53][59]</sup>.</p> <p>Aunque también puede deberse al consumo de:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ colorantes alimentarios presentes en la dieta de la persona <sup>[52]</sup></li> <li>▪ laxantes <sup>[52]</sup></li> <li>▪ ciertos medicamentos como el pyridium</li> <li>▪ vitaminas C</li> <li>▪ comer en exceso zanahorias y alimentos ricos en carotenos <sup>[53]</sup></li> </ul>
	Rosa	<p>A priori, la orina de color rosa o rojo puede intimidar, pero en la mayoría de los casos no es grave, ya que se puede deber simplemente a la ingesta de alimentos como: remolachas, moras, etc. <sup>[52][53][57][59]</sup>.</p> <p>O a ciertos medicamentos como: deferoxamina, hidroxibalamina, ibuprofeno, fenazopirina, rifampicina, warfarina, ... <sup>[56]</sup></p> <p>Ahora bien, un significado obvio del color rojo en la orina puede ser la presencia de sangre <sup>[52]</sup>, como resultado de infecciones del tracto urinario, hiperplasia benigna de próstata, tumores,...</p> <p>Otras afecciones relacionadas con el color rojo en la orina pueden ser:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ anemia hemolítica: debida a la destrucción de glóbulos rojos de la sangre</li> <li>▪ deficiencia de G6PD: carencia de la enzima para el metabolismo de glóbulos rojos</li> <li>▪ anemia de células falciformes: glóbulos rojos en forma anormal</li> <li>▪ talasemia: deficiencia de un componente de los glóbulos rojos</li> <li>▪ trombocitopénica púrpura: trastorno de la coagulación con presencia de moretones y manchas de sangre</li> <li>▪ reacción a una transfusión</li> <li>▪ litiasis renal: cálculos renales</li> <li>▪ "síndrome del cascanueces": comprensión de la vena renal izquierda</li> </ul>
	Rojo	
	Marrón	<p>Cuando la orina presenta un color marrón, normalmente se debe a comer una gran cantidad de alimentos como: habas, aloe, bayas, ruibarbo,... <sup>[53]</sup></p> <p>También hay ciertos medicamentos que provocan este color como: sobredosis de paracetamol, metronidazol, niridazol, nitrofurantoína,...</p> <p>Aunque en casos extremos, el color marrón de la orina puede ser un indicador de alguna enfermedad o lesión en los riñones <sup>[57]</sup>.</p>
	Verde	<p>La orina de color verde puede ser causada por un efecto secundario de ciertos medicamentos como: amitriptilina, indometacina,... <sup>[50]</sup></p> <p>También puede ser debida a un consumo excesivo de espárragos o colorantes alimentarios <sup>[50][58][59]</sup>.</p> <p>Las personas con infección del tracto urinario, causada por la bacteria Pseudomonas, pueden exhibir orina en tonos verdes. Al igual que las personas afectadas al hígado por biliverdina <sup>[58]</sup>.</p>
	Azul	<p>Este color tan inusual en la orina puede ser debido al consumo de ciertos medicamentos como: metileno azul, cimetidina, flupirtina, metoclopramida, prometazina, tetrahidronaftaleno, zaleplon,...</p> <p>Algunos colorantes alimentarios pueden hacer que la orina sea azulada</p>

		[52]. En raras ocasiones este tipo de orina podría ser un síntoma de una condición conocida como "Síndrome del pañal azul" (o Síndrome de Drummond). Es una enfermedad causada por un defecto hereditario que impide la absorción del triptófano (aminoácido esencial en la nutrición humana) en las vías digestivas. Tiende a ocurrir sobre todo en bebés, de ahí el nombre [53].
	Morado	La orina de color morado oscuro es uno de los muchos síntomas que presenta la porfiria. La porfiria es una rara condición médica que afecta al sistema nervioso y/o la piel. Se trata de un trastorno genético en el que sustancias químicas del cuerpo, llamadas porfirinas, se empiezan a construir [53].
	Negro	A priori es un color alarmante, pero puede tener justificación si se están ingiriendo ciertos medicamentos como: metildopa, cresol, el hierro incluido en multivitaminas, laxantes, L-dopa, metocarbamol, sorbitol,... La producción de orina negra también puede ser producida por la "alcaptonuria", que es un trastorno genético del metabolismo de la fenilalanina y la tirosina. El subproducto tóxico de esta enfermedad causa la osteoartritis, que puede llegar a provocar tanto daños en las válvulas cardiacas, como piedras en el riñón.

Tabla2. Todos los posibles colores de la orina

Entendemos que si el color que presenta la orina es diferente de lo que se considera normal (que el color no esté entre un amarillo claro o ámbar oscuro) [56], y se acompaña de síntomas anormales, es momento de acudir al médico para tratarlo [55].

### 3.2.2.2 Carta de colores de la orina para la deshidratación

Centrándonos sólo en los niveles que pueden caracterizar el estado de deshidratación de una persona, podríamos utilizar infinidad de tablas o cartas de color [54]. Desde numerosos niveles que concretan muchísimo el grado de hidratación, como otras más superficiales que presentan pocos niveles y pueden llegar a generar situaciones de confusión.



Figura 9. Representación detallada de una carta de colores de la orina para los diferentes grados de hidratación [63]

Este tipo de carta de colores no nos va a servir en el desarrollo de este proyecto por lo excesivamente detallada que es, ya que incluso comprende grados de hiperhidratación (los

niveles #1 y #2), como de una deshidratación gravísima (niveles #11 y #12), fuera del alcance de este estudio.

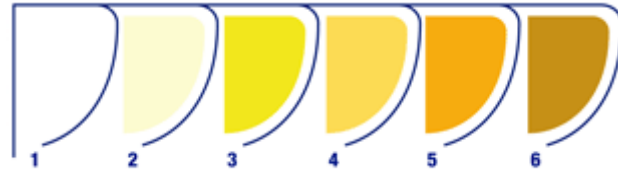


Figura 10. Representación escasa de una carta de colores de la orina para los diferentes grados de hidratación <sup>[62]</sup>

Este otro tipo de carta de colores tampoco va a ser la utilizada por todo lo contrario a la anterior. Podría llegar a ocasionar bastantes situaciones de duda a la hora de intentar asignar un nivel de deshidratación, ya que no estaría su equivalencia correspondiente en la tabla.

Por tanto, la carta de colores a estudiar sería una intermedia a estas dos expuestas anteriormente.

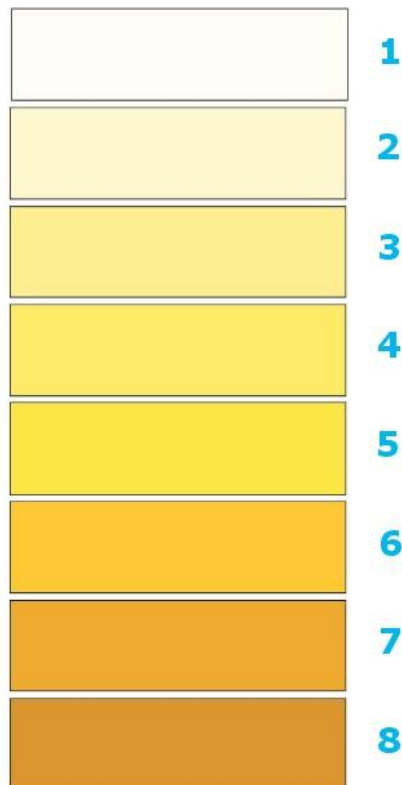


Figura 11. Representación de la carta de colores de la orina para los diversos grados de deshidratación <sup>[60]</sup>

1. Nivel óptimo de hidratación.
2. Nivel muy bueno de hidratación.
3. Nivel bueno de hidratación.
4. Nivel de hidratación apto, que requiere la ingesta de líquidos en menos de una hora.
5. Nivel bajo de deshidratación. Necesitaría reponer líquidos en ese mismo momento.
6. Nivel de deshidratación medio.
7. Nivel alto de deshidratación.
8. Nivel muy alto de deshidratación. Requiere la consulta inmediata de personal médico.

Como podemos observar, el punto crítico se encontraría entre los niveles 4 y 5, es decir, donde pasamos de considerar que el sujeto tiene un estado apto de hidratación, a un incipiente estado de deshidratación.



## **Capítulo 4**

# **Captura y etiquetado de las muestras y otros parámetros**

### **4.1 INTRODUCCIÓN**

En este capítulo intentaremos definir de la forma más detallada y precisa posible el etiquetado de muestras de orina recogidas, así como otros parámetros que nos ayuden a la hora la clasificación de las mismas en su posterior estudio.

La recogida de muestras se ha realizado sobre sujetos sin enfermedades conocidas y/o diagnosticadas, que no toman ningún medicamento que pueda condicionar, a priori, el color de la orina para su posterior estudio.

También hay que tener en cuenta que los individuos del estudio han seguido una dieta equilibrada, sin excesos de alimentos o colorantes alimentarios que puedan modificar de algún modo el color de las muestras.

El número de muestras con las que se ha trabajado es 57, procedentes de 6 personas de sexos y edades diferentes.



## **4.2 PARÁMETROS A TENER EN CUENTA**

### **4.2.1 Introducción**

Cuando se va a realizar un estudio de este tipo, hay que fijar previamente muy bien los parámetros o datos que se van a estudiar, puesto que son los condicionantes que van a definir el tipo de muestras recogidas.

A continuación se muestran los elegidos en este caso.

#### **4.2.1.1 Edad**

La edad de la persona es un punto importante a la hora de estudiar la deshidratación, ya que hay sectores más acusados que otros. Como por ejemplo, los bebés y los ancianos, que sufren mayores niveles de deshidratación.

En este estudio los sujetos tienen edades comprendidas entre los 18 y los 56 años.

Este rango de edades es el más adecuado para este estudio, ya que es el que más se ve afectado de esos primeros síntomas de deshidratación que queremos detectar.

#### **4.2.1.2 Sexo**

El género de las personas es otro factor a tener en cuenta, ya que tras numerosos estudios se ha comprobado que las mujeres son más propensas a sufrir una deshidratación leve, que los hombres.

En este estudio se han recogido muestras de ambos géneros. En concreto de 4 mujeres y de 2 hombres.

#### **4.2.1.3 Temperatura ambiente**

Los factores ambientales también afectan y condicionan la hidratación de una persona <sup>[66]</sup>. Por eso la temperatura ambiente es un elemento a tener en cuenta.

Un exceso de la temperatura ambiente hace que sea más fácil alcanzar estados de deshidratación leves, o mayores si se prolonga la exposición a esas temperaturas <sup>[66]</sup>. Como suele ocurrir en zonas tropicales, por ejemplo.

En este estudio la temperatura ha sido medida con un termómetro interior de la vivienda, y con un termómetro exterior, ambos situados en los mismos lugares cuando se han realizado las lecturas de los datos.

#### **4.2.1.4 Humedad relativa**

El otro factor ambiental que se ha considerado en la toma de muestras de este estudio es la humedad relativa que había en el ambiente, es decir, la cantidad de vapor de agua que contiene una masa de aire <sup>[64][65]</sup>.

Esto quiere decir que a mayor humedad relativa, más difícil es evaporar la transpiración que pueda producir una persona para equilibrar su calor corporal, lo que puede provocar desajustes y molestias generales, y por consiguiente, afectar a la hidratación de la persona.

La humedad relativa ha sido medida con un medidor de humedad, realizando las lecturas de los datos en los mismos lugares.

#### **4.2.1.5 Cantidad de líquidos ingeridos**

Para un correcto etiquetado de las muestras, hay que tener presente la cantidad de líquidos que ingieren las personas sometidas al estudio, ya que su proporción va a afectar al grado de hidratación o deshidratación que presenten.

Una ingesta elevada de líquidos dará lugar a estados de hidratación óptimos, o incluso estados de hiperhidratación, en situaciones más extremas.

Al igual que una escasa ingesta de los mismos, dará lugar a estados de deshidratación, llegando a ser graves si se prolongara este periodo.

#### **4.2.1.6 Recogida de muestras**

Al igual que la cantidad de líquido que tome una persona condiciona la recogida de muestras, el número de veces que esa persona orine, también supone un dato a considerar.

Un número elevado de recogidas, sin estar relacionado con una excesiva ingesta de líquidos, podría derivarse en algún tipo de enfermedad o daño renal. Al igual que ocurriría en el caso contrario, en el que el número de recogidas fuera muy escaso, o inexistentes en los peores casos.

Pero como ya vimos en capítulos anteriores, no sólo se expulsan líquidos a través de la orina, también en forma de sudor, vómitos, diarreas, etc. En estos sujetos sometidos al estudio, no se han contemplado ninguna de estas opciones.

#### **4.2.1.7 Realización de actividad física**

Por último se va a contemplar si la persona a la que se le están tomando las muestras se encuentra en un estado de reposo o de escasa actividad física, o por el contrario, ha realizado algún tipo de actividad que suponga un cambio en el metabolismo de su cuerpo.

Esto es importante ya que después de una actividad física prolongada o de gran intensidad, la deshidratación va a ser más acusada que si se recoge la muestra tras un periodo de inactividad o de reposo, en el que lógicamente la pérdida de sales y líquidos es menor.

#### **4.2.2 Materiales utilizados**

Los materiales utilizados para la recogida de muestras de orina han sido los que a continuación se describen.



*Figura 12. Bote de recogida de orina y tubo de ensayo*

Se trata de un vaso de recogida de muestras de orina empleado para la realización de analíticas, y de un tubo de ensayo, de color transparente para que no pueda afectar al color de la muestra.

Este tipo de envases se pueden conseguir fácilmente en farmacias o parafarmacias.

Por otro lado, todas las fotografías de las muestras se han tomado con una cámara de fotos digital (Samsung PL210) sobre unas hojas de papel, de color blanco y de tamaño A4.

### **4.3 MUESTRAS OBTENIDAS - FASE 1**

Pasamos a detallar las muestras obtenidas de cada uno de los individuos sometidos al estudio en una primera fase, así como a una primera clasificación (basándonos en la primera intuición visual al compararlas con la carta de colores de la orina que escogimos en el capítulo anterior) y recogida de los datos correspondientes a cada una de las muestras.

Esta primera clasificación consistirá en asignar a cada muestra una de las siguientes etiquetas:

- Hidratado (H): cuando claramente se pueda asignar a los niveles #1, #2 ó #3 de la carta de color de la orina elegida.
- No hidratado (NH): cuando se puede identificar sin problemas a los niveles #6, #7 u #8 de la carta de color de la orina elegida.
- Dudoso (D): para aquellas muestras que presentan duda y necesitan de un estudio más detallado para terminar de asignarlas a una categoría u otra. Podrían ser las correspondientes a los niveles #4 y #5 de la carta de color de la orina, ya que son los correspondientes a la frontera entre el estado de hidratación y el estado de deshidratación.

### 4.3.1 Sujeto #1

Los datos de la primera persona corresponden a un varón, de 56 años de edad.

A esta persona se le recogieron muestras durante 2 días consecutivos.

- Cantidad de líquidos ingeridos durante el primer día: 1.7 litros aproximadamente.

	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3	Muestra 4
<b>Humedad relativa (%)</b>	66	82	70	60
<b>Temperatura ambiente (°C)</b>	18.5	15.7	19.5	18.5
<b>Actividad física previa</b>	Estado de reposo	2 horas caminando	Actividad baja/escasa	Estado de reposo
<b>Imagen obtenida</b>				
<b>Primera clasificación</b>	NH	H	D	H

*Tabla 3. Muestras y datos recogidos durante el primer día del sujeto #1*

La primera muestra recogida, tras un largo periodo de reposo como es el periodo de sueño nocturno, correspondería a un estado de deshidratación, nada significativo ya que tras tantas horas en estado de reposo, la cantidad de sales en la orina puede ser más concentrada.

La segunda muestra presentaría una mejora en el estado de hidratación, ya que se habrían repuesto líquidos durante el intervalo de tiempo entre la recogida de una muestra y otra.

La tercera muestra presentaría un caso de duda, ya que se puede apreciar como la actividad física anterior supuso una mayor pérdida de líquidos corporales (en forma de sudor) y concentró más las sales expulsadas en la orina.

En la última muestra se puede apreciar cómo tras reponer líquidos durante esos periodos, y disminuir la actividad física, el estado de hidratación volvió a ser más idóneo.

- Cantidad de líquidos ingeridos durante el segundo día: 1.5 litros aproximadamente

	<b>Muestra 1</b>	<b>Muestra 2</b>	<b>Muestra 3</b>	<b>Muestra 4</b>
<b>Humedad relativa (%)</b>	65	67	73	66
<b>Temperatura ambiente (°C)</b>	18.5	19.5	14.4	18
<b>Actividad física previa</b>	Estado de reposo	Actividad baja/escasa	Actividad baja/escasa	Estado de reposo
<b>Imagen obtenida</b>				
<b>Primera clasificación</b>	H	H	NH	D

*Tabla 4. Muestras y datos recogidos durante el segundo día del sujeto #1*

Las dos primeras muestras presentarían claros estados de hidratación, por lo que la necesidad de ingerir líquidos se pudo ver disminuida, ya que tampoco realizó ninguna actividad física que supusiera un dato a considerar en la pérdida de líquidos.

Sin embargo, debido a esa ingesta menor durante esos periodos, se puede ver reflejada en la recogida de la muestra tercera, donde se puede apreciar perfectamente el color.

En la cuarta muestra obtenida, tras la reposición de líquidos, se normaliza el color de la orina, y presentaría un caso de duda entre un estado de hidratación bajo y un incipiente estado de deshidratación.

### 4.3.2 Sujeto #2

Los datos de la segunda persona corresponden a una mujer, de 54 años de edad.

A esta persona se le recogieron muestras durante 2 días consecutivos.

- Cantidad de líquidos ingeridos en el primer día: 1.7 litros aproximadamente

	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3	Muestra 4	Muestra 5	Muestra 6	Muestra 7
<b>Humedad relativa (%)</b>	67	66	82	68	67	66	66
<b>Temperatura ambiente (°C)</b>	18.5	19	15.7	19	19	18.6	18.5
<b>Actividad física previa</b>	Estado de reposo	Actividad baja/escasa	2 horas caminando	Actividad baja/escasa	30 min. caminando	Actividad baja/escasa	Estado de reposo
<b>Imagen obtenida</b>							
<b>Primera clasificación</b>	NH	D	H	D	D	H	D

*Tabla 5. Muestras y datos recogidos durante el primer día del sujeto #2*

Al igual que ocurría con la persona anterior en el primer día, la primera muestra recogida tras el periodo de sueño nocturno, correspondería a un estado de deshidratación, nada significativo debido a una mayor concentración de sales durante ese extenso periodo de inactividad en el que no se produce ninguna ingesta de líquidos.

Tras el inicio de la ingesta de líquidos, se puede ver un aumento de la hidratación en la segunda muestra recogida.

Ya en la tercera muestra, hay una recuperación del estado de hidratación.

Tras producirse una actividad física más intensa como el caso de la caminata prolongada durante 2 horas, la siguiente muestra recogida se apreciaría afectada por un aumento de las sales en la orina, debido a que también se ha producido otro tipo de secreción de líquidos, como es en forma de sudor, de ahí que no sea claro si estaría en un estado de hidratación bajo de o deshidratación.

Al igual que ocurriría con la siguiente muestra recogida, que no estaría clara su situación, debido a una posible falta de recuperación total del organismo al estado de hidratación.

En la sexta muestra recogida, ya se apreciaría la recuperación de la hidratación en esta persona.

En la última muestra, no se podría distinguir con claridad el estado de hidratación o deshidratación, ya que sin estar del todo recuperada la hidratación, se habría producido otra actividad física que habría concentrado más la orina recogida; sin llegar al estado de deshidratación anterior debido a una actividad menor.

- Cantidad de líquidos ingeridos en el segundo día: 1 litro aproximadamente.

	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3	Muestra 4	Muestra 5
<b>Humedad relativa (%)</b>	65	67	73	66	66
<b>Temperatura ambiente (°C)</b>	18.5	19.5	14.4	18.5	18
<b>Actividad física previa</b>	Estado de reposo	Actividad baja/escasa	Actividad baja/escasa	1 hora caminando	Estado de reposo
<b>Imagen obtenida</b>					
<b>Primera clasificación</b>	D	D	H	H	D

*Tabla 6. Muestras y datos recogidos durante el segundo día del sujeto #2*

Para empezar se puede apreciar, que al disminuir la cantidad de líquidos ingeridos a lo largo del día, en comparación con los tomados en el día anterior; la recogida de muestras también es menor, de acuerdo a esta cantidad ingerida.

Las primeras muestras recogidas no estarían muy claras si pertenecerían a un estado leve de deshidratación o a un estado de hidratación bajo, ya que como hemos comentado anteriormente, tras el periodo nocturno en el que no se producen tomas de líquidos, o en algunos casos serían muy reducidas, habría una mayor concentración de sales en la orina.

Como se puede observar, tras una ingesta normal de líquidos, el cuerpo enseguida comienza a hidratarse, por lo que las siguientes dos muestras presentarían estados de hidratación aptos.

La última muestra, también presentaría un estado dudoso por tomarse después de producirse una actividad física más activa.



### 4.3.3 Sujeto #3

Los datos de la tercera persona corresponden a una mujer, de 26 años de edad.

A esta persona se le recogieron muestras durante 2 días consecutivos.

- Cantidad de líquidos ingeridos en el primer día: 1.4 litros aproximadamente.

	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3	Muestra 4	Muestra 5	Muestra 6	Muestra 7
<b>Humedad relativa (%)</b>	65	64	67	68	70	67	66
<b>Temperatura ambiente (°C)</b>	19	19.5	19	19	19.5	19	18.5
<b>Actividad física previa</b>	Estado de reposo	Actividad baja/escasa	Actividad baja/escasa	Actividad baja/escasa	Actividad baja/escasa	30 min. caminando	Estado de reposo
<b>Imagen obtenida</b>							
<b>Primera clasificación</b>	D	D	H	H	H	H	D

Tabla 7. Muestras y datos recogidos durante el primer día del sujeto #3

Como suele ocurrir en personas de edades similares y sin enfermedades conocidas, la mayoría de las muestras se encuentran en óptimos estados de hidratación, como se puede apreciar en las muestras comprendidas entre la tercera y la sexta.

Las primeras muestras estarían más dudosas por la explicación expuesta anteriormente, el periodo de sueño nocturno, en el que no se produce ningún tipo de actividad física al igual que tampoco se ingieren líquidos.

La última muestra recogida, presentaría otro caso de duda sobre el estado de hidratación, ya que se ha producido una actividad física más activa, en la que se ha podido producir otro tipo de secreción de líquidos, y tras la que aún no se han recuperado los niveles de hidratación.

- Cantidad de líquidos ingeridos en el segundo día: 1.5 litros aproximadamente.

	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3	Muestra 4	Muestra 5	Muestra 6	Muestra 7
<b>Humedad relativa (%)</b>	65	68	67	67	67	74	68
<b>Temperatura ambiente (°C)</b>	18.5	19	19.5	19.5	19	13	18
<b>Actividad física previa</b>	Estado de reposo	Actividad baja/escasa	1 hora caminando	Actividad baja/escasa	Actividad baja/escasa	Actividad baja/escasa	Estado de reposo
<b>Imagen obtenida</b>							
<b>Primera clasificación</b>	D	H	H	D	H	D	H

*Tabla 8. Muestras y datos recogidos durante el segundo día del sujeto #3*

Al igual que ocurría con las muestras recogidas el día anterior, debido a una cantidad similar de líquidos ingeridos, los resultados son bastante similares.

Buenos estados de hidratación en la mayoría de las muestras, como se podría apreciar en las correspondientes a la segunda, tercera, quinta y séptima recogida.

Un estado dudoso de deshidratación estaría en la primera muestra recogida tras el periodo de sueño nocturno.

Otra muestra en duda, podría ser la recogida tras la realización de una actividad física, como sería caminar durante una hora aproximadamente.

La sexta muestra recogida, podría ser también dudosa, y sin más deberse a una disminución de líquidos durante el periodo anterior a dicha recogida. Corriéndose debidamente, como se puede apreciar en la última muestra.

#### 4.3.4 Sujeto #4

Los datos de la cuarta persona corresponden a una mujer, de 47 años de edad.

- Cantidad de líquidos ingeridos en el día: 1.8 litros aproximadamente.

	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3	Muestra 4
<b>Humedad relativa (%)</b>	56	56.5	55.5	56
<b>Temperatura ambiente (°C)</b>	19	19	19.5	19
<b>Actividad física previa</b>	Estado de reposo	Actividad baja/escasa	Actividad baja/escasa	Estado de reposo
<b>Imagen obtenida</b>				
<b>Primera clasificación</b>	D	H	H	H

*Tabla 9. Muestras y datos recogidos durante el primer día del sujeto #4*

Estas muestras recogidas en esta primera fase para este sujeto, presentan ciertas dudas ya que la calidad de las imágenes obtenidas difiere en comparación al resto, de ahí que este sea uno de los casos tratados en la segunda fase.



De todas formas, centrándonos en este caso, la única muestra que podríamos encontrarnos que presentase duda sobre si correspondería a un estado de hidratación o deshidratación, sería la primera recogida, debiéndose a ser la posterior al periodo nocturno de sueño.

El resto de muestras presentan estados de hidratación aptos, normales para una persona que no estaría realizando ningún tipo de actividad física intensa o prolongada, y que además está ingiriendo una cantidad correcta de líquidos.

### 4.3.5 Sujeto #5

Los datos de la cuarta persona corresponden a un varón, de 18 años de edad.

- Cantidad de líquidos ingeridos en el día: 1 litro aproximadamente.

	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3	Muestra 4
<b>Humedad relativa (%)</b>	58	67	65	60
<b>Temperatura ambiente (°C)</b>	20	16.2	17	19
<b>Actividad física previa</b>	Estado de reposo	Actividad baja/escasa	Actividad baja/escasa	Actividad baja/escasa
<b>Imagen obtenida</b>				
<b>Primera clasificación</b>	H	H	D	D

*Tabla 10. Muestras y datos recogidos durante el único día del sujeto #5*






Este sería otro caso de una persona joven que a priori no presenta cuadros de deshidratación importantes.

Las muestras recogidas serían estados de hidratación aptos en los dos primeros casos, y de duda para los siguientes dos. Esto podría deberse a una cantidad menor de la ingesta de líquidos, ya que al no estar realizando ninguna actividad física, el propio organismo puede no presentar la necesidad de hidratarse correctamente.

### 4.3.6 Sujeto #6

Los datos de la cuarta persona corresponden a una mujer, de 31 años de edad.

- Cantidad de líquidos ingeridos en el día: 1.8 litros aproximadamente.

	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3	Muestra 4	Muestra 5
<b>Humedad relativa (%)</b>	65	68	67	72	67
<b>Temperatura ambiente (°C)</b>	19	19.5	19.5	14.2	18.5
<b>Actividad física previa</b>	Estado de reposo	Actividad baja/escasa	Actividad baja/escasa	1 hora caminando	Estado de reposo
<b>Imagen obtenida</b>					
<b>Primera clasificación</b>	D	H	H	H	D

*Tabla 11. Muestras y datos recogidos durante el primer día del sujeto #6*

Recordando el razonamiento anterior sobre la posterior recogida tras el periodo de sueño nocturno, la primera muestra estaría en posición dudosa a lo hora de etiquetarla como hidratada o deshidratada.

Las siguientes tres muestras recogidas presentarían estados de hidratación muy buenos, debiéndose a una adecuada ingesta de líquidos a lo largo del día.

La última muestra recogida volvería a suponernos un caso de duda, ya que habría realizado una actividad física que habría supuesto una ligera deshidratación razonable, como suele ocurrir en estos casos.

De todas formas, como se puede apreciar, la luz de las imágenes estudiadas no es muy buena y eso puede afectar a los resultados, por eso este sujeto volvió a someterse a una segunda fase de recogida de muestras.

## 4.4 MUESTRAS OBTENIDAS - FASE 2

Tras un posterior análisis realizado con los datos, como veremos en el capítulo siguiente, se repitieron la recogida de muestras de dos sujetos (sujeto #4 y sujeto #6) debido a la incongruencia de algunos de sus valores, pudiendo ser debidos a la iluminación del día que se tomaron las fotografías, a la variación del objetivo al tomar dichas imágenes, etc.

Por tanto, siguiendo la misma estructura y procedimiento, las nuevas muestras son las que se detallan a continuación.

### 4.4.1 Sujeto #4

Los nuevos datos de esta cuarta persona corresponden a una mujer, de 48 años de edad.

A esta persona por tanto, se le recogieron muestras durante 2 días, pero no consecutivos.

- Cantidad de líquidos ingeridos durante el segundo día: 1.2 litros aproximadamente.

	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3	Muestra 4
Humedad relativa (%)	70	57	42	50
Temperatura ambiente (°C)	19	21	23	19
Actividad física previa	Estado de reposo	Actividad baja/escasa	Actividad baja/escasa	Estado de reposo
Imagen obtenida				
Primera clasificación	NH	H	H	H

Tabla 12. Muestras y datos recogidos durante el segundo día del sujeto #4

La primera muestra recogida, tras un largo periodo de reposo como es el periodo de sueño nocturno, correspondería a un estado de deshidratación, nada significativo ya que tras tantas horas en estado de reposo, la cantidad de sales en la orina puede ser más concentrada.

El resto de las muestras presentarían estados de hidratación, debidos a la reposición de líquidos, a la escasa actividad física que pudiera hacer perder hidratación más rápido, etc. Presentando en general un cuadro de hidratación óptimo para este sujeto.

#### 4.4.2 Sujeto #6

Los nuevos datos para esta persona corresponden a una mujer, de 32 años de edad.

Al igual que el caso anterior, a esta persona se le recogieron muestras durante 2 días, pero no consecutivos.

- Cantidad de líquidos ingeridos durante el segundo día: 1.5 litros aproximadamente.

	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3	Muestra 4	Muestra 5	Muestra 6
<b>Humedad relativa (%)</b>	81	74	56	57	70	77
<b>Temperatura ambiente (°C)</b>	19	19.5	19.5	18	19.5	18.5
<b>Actividad física previa</b>	Estado de reposo	Actividad baja/escasa	Actividad baja/escasa	1 hora caminando	Actividad baja/escasa	Estado de reposo
<b>Imagen obtenida</b>						
<b>Primera clasificación</b>	D	H	H	H	H	H

*Tabla 13. Muestras y datos recogidos durante el segundo día del sujeto #6*

Como suele ocurrir en personas con esta edad, sin enfermedades conocidas e ingiriendo una cantidad de líquidos adecuada; la mayoría de las muestras se encuentran en óptimos estados de hidratación como se puede apreciar.

La primera muestras estaría más dudosa, como ya se ha explicado anteriormente por el periodo de sueño nocturno, en el que no se produce ningún tipo de actividad física al igual que tampoco se ingieren líquidos.

Por tanto, este sujeto también presentaría un cuadro de hidratación bueno.

## 4.5 CONCLUSIONES GENERALES

Como hemos podido comprobar, la temperatura ambiental durante los días que se han realizado la toma de muestras no ha variado en demasía. Ha oscilado entre los 13 y los 23 grados, con lo cual no han sido temperaturas que por sí solas condicionasen la hidratación de una persona.

Al igual ha ocurrido con la humedad relativa, cuyos valores se han situado entre el 42% y el 82%, lo que acompañado de la temperatura ambiente no ha supuesto ningún tipo de dato significativo.

Hemos podido observar que al tratarse de personas adultas, sin enfermedades conocidas o diagnosticadas, sin ningún tipo de tratamiento médico, y con dietas saludables; no se han encontrado casos extremos de deshidratación ni de hiperhidratación. La mayoría de las muestras recogidas presentan cuadros de hidratación óptimos, o casos dudosos que podrían derivar en estados de deshidratación leves. Nada preocupantes por otro lado, ya que tras una reposición correcta de líquidos, se pueden alcanzar estados de hidratación sin mayores problemas, como hemos podido comprobar en algunos de los casos estudiados.

Pero para poder identificar correctamente todos estos casos en los que no están claros los límites entre hidratación o deshidratación, habría que hacer un estudio más detallado de las muestras recogidas.

En capítulos posteriores pasaremos al tratamiento de estas imágenes para poder clasificarlas de una manera más correcta, y determinar su posición en la carta de colores de la orina, comprobando si estos parámetros obtenidos son fiables y coherentes.





# Capítulo 5

## Clasificación de las muestras

### 5.1 INTRODUCCIÓN

Una de las primeras cosas que debemos tener en cuenta llegados a este punto, es que para poder trabajar con las imágenes de las muestras obtenidas de una forma correcta y lo más fiable posible, debemos tener todas las imágenes normalizadas.

Para ello, utilizaremos el programa matemático MATLAB <sup>[67]</sup>, para realizar una serie de operaciones para el tratamiento de las imágenes, y así poder hacer una correcta clasificación de cada una de ellas.

## 5.2 NORMALIZACIÓN DE LAS IMÁGENES

### 5.2.1 Introducción

Como ya hemos expuesto, normalizaremos todas las imágenes obtenidas para este estudio.

Cada píxel de la imagen, es decir, cada unidad mínima de la que está compuesta, nos aporta información numérica con la que trabajar <sup>[68]</sup>.

En concreto, al tratarse de imágenes en color, no hay un único plano que exprese el nivel de gris como ocurre con las imágenes en blanco y negro, sino que trabajaremos con más planos, por tanto con un valor correspondiente para cada uno de los planos.

Hay varios modelos para la descomposición de imágenes a color: RGB, CMY, CMYK, HSI, HSV, etc. Los cuales tienen diferentes significado dependiendo del uso que se les vaya a dar a las imágenes.

En nuestro caso vamos a trabajar con uno de los modelos más conocidos para el tratamiento de imágenes, el modelo RGB.

El modelo RGB representa las imágenes a color con tres matrices bidimensionales correspondientes a cada uno de los planos R (rojo), G (verde) y B (azul) <sup>[69]</sup>.

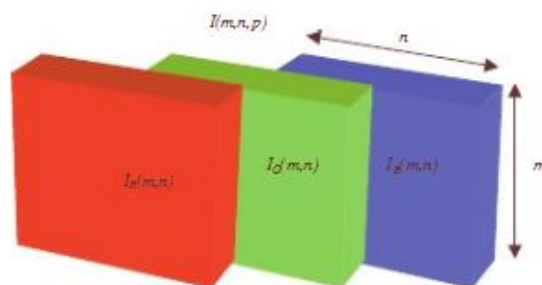


Figura 13. Descomposición de los planos de color RGB de los que se compone una imagen  $(n \times m \times 3)$  <sup>[74]</sup>

Con lo cual, al trabajar con estos tres planos, nuestros píxeles estarán compuestos por tres valores:

$$\text{valor\_del\_píxel} = [x,y,z]$$

Si necesitáramos trabajar con cada uno de los planos por separado, o utilizarlos para alguna operación, sería sencilla su descomposición y la obtención de sus valores por separado.

Por ejemplo, en nuestro caso, tras cargar la imagen en el programa, sólo tendríamos que utilizar las siguientes instrucciones para extraer los valores de cada uno de los planos, y el resultado mostrado por pantalla sería:

```
imagenR=imagen(:,:,1);
```

```
imagenG=imagen(:,:,2);
```

```
imagenB=imagen(:,:,3);
```

```
figure
```

```
subplot(1,3,1)
```

```
imshow(imagenR)
```

```
title('Plano R')
```

```
subplot(1,3,2)
```

```
imshow(imagenG)
```

```
title('Plano G')
```

```
subplot(1,3,3)
```

```
imshow(imagenB)
```

```
title('Plano B')
```

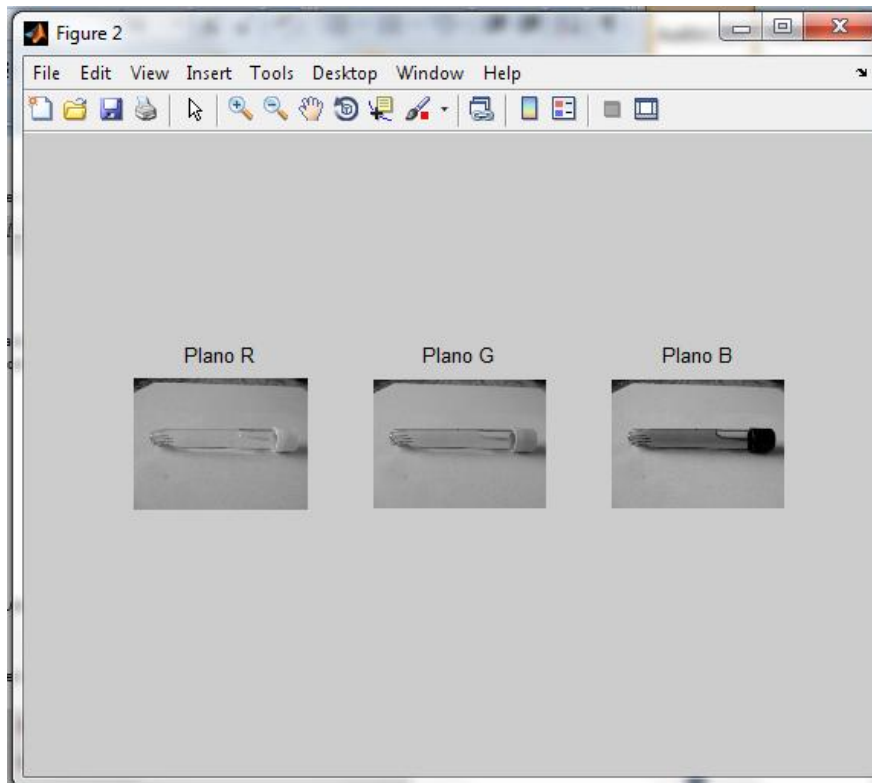


Figura 14. Representación de la imagen original para cada uno de los planos de color

### 5.2.2 Pasos para normalizar las imágenes

Para normalizar las imágenes utilizaremos como referencia el blanco de la carta de color de la orina que vamos a utilizar, cuyo valor es  $w=[255,255,255]$ .

Con este valor fijo, vamos a ir calculando en cada caso, el valor del blanco de la imagen, así como la relación que existe entre ellos, para así poder trabajar con los valores reales de la muestra.

Para ello, cargaremos la imagen en el programa y la mostraremos por pantalla.

```
imagen=imread('nombremuestra.jpg');  
figure('Name','Imagen original - Obtención de blancos','NumberTitle','off','Color',[1 1 1])  
imshow(imagen,[]);
```

A continuación, obtendremos los valores de cinco píxeles de blancos de la imagen, para hallar su promedio.

```

for i=1:N
%Obtención del valor del píxel
[a(i),b(i),value(i,:)]=impixel(imagen);
end

for j=1:M
%Obtención del promedio de los valores
promvalue(1,j)=round(mean(value(:,j)));
end

```

Tras seleccionar con el puntero el píxel elegido y pulsar "enter", en cinco posiciones diferentes y aleatorias, obtenemos los valores deseados.

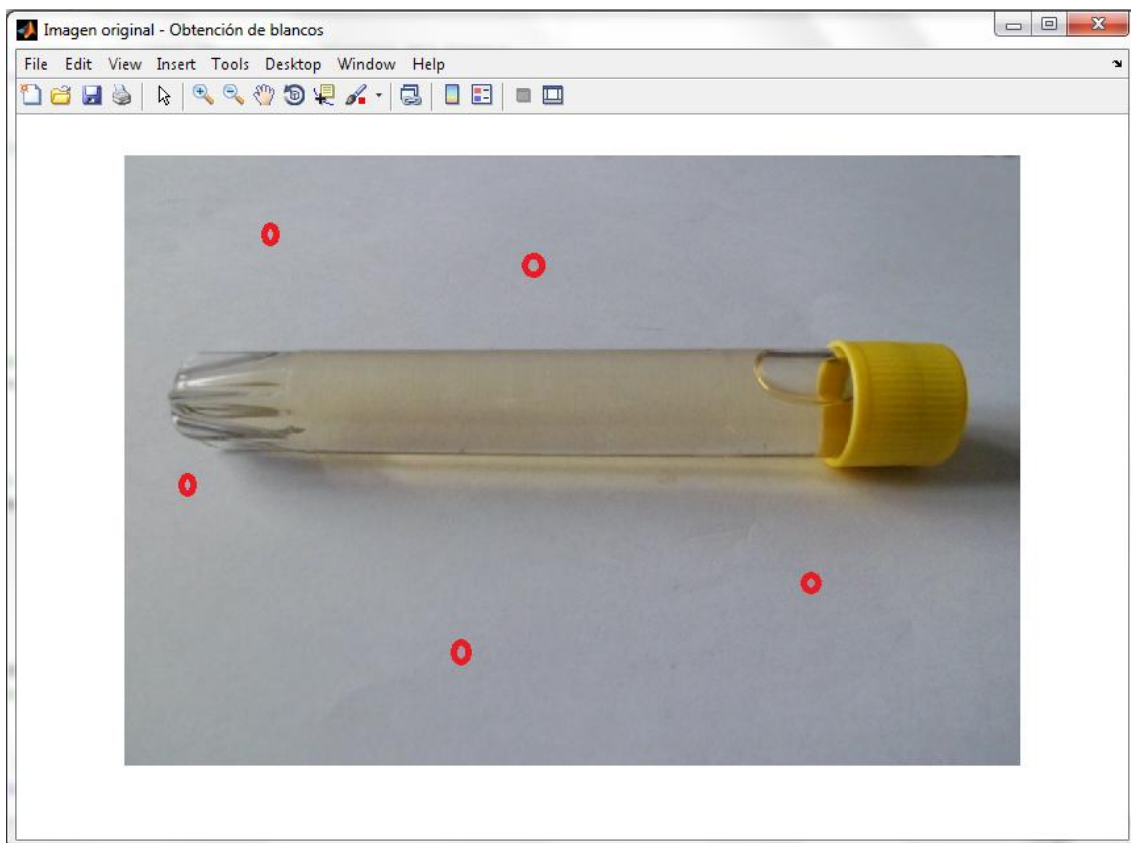


Figura 15. Selección de los píxeles blancos de la imagen

Lo siguiente sería obtener el valor por el que vamos a multiplicar al resto de los píxeles de la muestra.

```

%Blanco de referencia
w=[255,255,255];

%Calculamos alfa
alfa=fminbnd(@(alfa)norm(promvalue-w*alfa),0,3);

%Calculamos la beta con la cual vamos a normalizar las imágenes
beta=1/alfa;

```

A continuación realizaríamos el mismo proceso pero esta vez para obtener cinco valores sobre la muestra a analizar, y a su vez, su promedio.

```

%Volveríamos a mostrar la imagen para obtener ahora los píxeles de la muestra
figure('Name','Imagen original - Obtención de la muestra','NumberTitle','off','Color',[1 1 1])
imshow(imagen,[]);

for i=1:N
    %Obtención del valor del píxel
    [c(i),d(i),mvalue(i,:)]=impixel(imagen);
end

for j=1:M
    %Obtención del promedio de los valores
    mpromvalue(1,j)=round(mean(mvalue(:,j)));
end

```

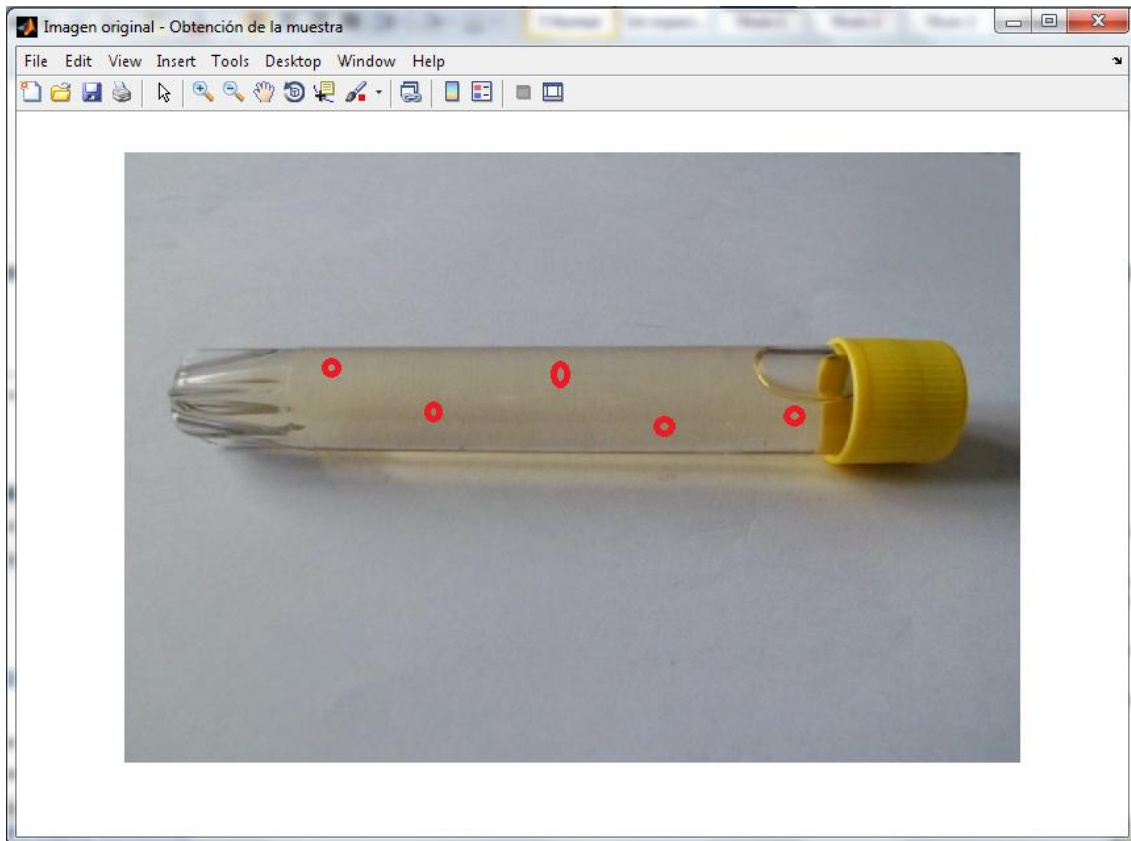


Figura 16. Selección de los píxeles de la muestra de la imagen

Finalmente, obtendríamos los valores del píxel promedio con el que vamos a trabajar normalizados.

```
%Los valores del píxel con el que vamos a trabajar
```

```
muestra=round(promvalue*beta);
```

Que en el caso concreto de la imagen 'm26d17a', utilizada en esta ocasión como ejemplo, serían:

```
muestra=[236,220,186].
```

### 5.2.3 Distancia euclídea

Necesitamos conocer la distancia mínima que hay entre dos puntos, por lo que vamos a utilizar la Distancia Euclídea, ya que matemáticamente es la distancia más común para medir entre dos puntos de un espacio euclídeo, la cual se deduce a partir del Teorema de Pitágoras <sup>[70]</sup>, y cuya definición es la siguiente (para los puntos  $P=(p_1, p_2, \dots, p_n)$  y  $Q=(q_1, q_2, \dots, q_n)$ , del espacio euclídeo  $n$ -dimensional) <sup>[71]</sup>.

$$d_E(P, Q) = \sqrt{(p_1 - q_1)^2 + (p_2 - q_2)^2 + \dots + (p_n - q_n)^2} = \sqrt{\sum_{i=1}^n (p_i - q_i)^2}.$$



Para ello, lo primero que vamos a realizar en este apartado es la asignación de los valores de los píxeles en cada uno de los planos por separado, para así poder operar con ellos.

También iremos comprobando en todos los casos, que los valores no excedan a 255, ya que al utilizar una norma cuadrática podría haber ciertos valores superiores a este número, con lo cual, tras multiplicar por beta habría que limitarlos a este mismo número.

```
%Declaración de variables

x=muestra(1,1);

y=muestra(1,2);

z=muestra(1,3);

%Compruebo que ninguno de los valores supera 255, y si es así se limita a ese número

if x>=255
    x=255;
end

if y>=255
    y=255;
end

if z>=255
    z=255;
end
```

En nuestra base de muestras esta situación ha ocurrido en contadas ocasiones, lo cual no supone un dato preocupante (de haber sido así, estaríamos saturando la imagen), ya que tras limitarla debidamente, hemos seguido operando y el resultado no se ha visto afectado.

Como dato a tener en cuenta, en las pocas ocasiones que ha ocurrido esto (en 20 ocasiones de los 282 análisis realizados), sólo ha ocurrido con el píxel correspondiente al plano R, tanto teóricamente, como comprobándolo al trabajar con todas las muestras, el píxel determinante a la hora de decidir si una muestra está deshidratada o no, es el píxel correspondiente al plano B.

Como decíamos, teóricamente sabemos que el modelo RGB combina distintas intensidades de sus 3 colores primarios para la obtención del resto de colores, así como que los valores del blanco son [255,255,255] y del negro [0,0,0].

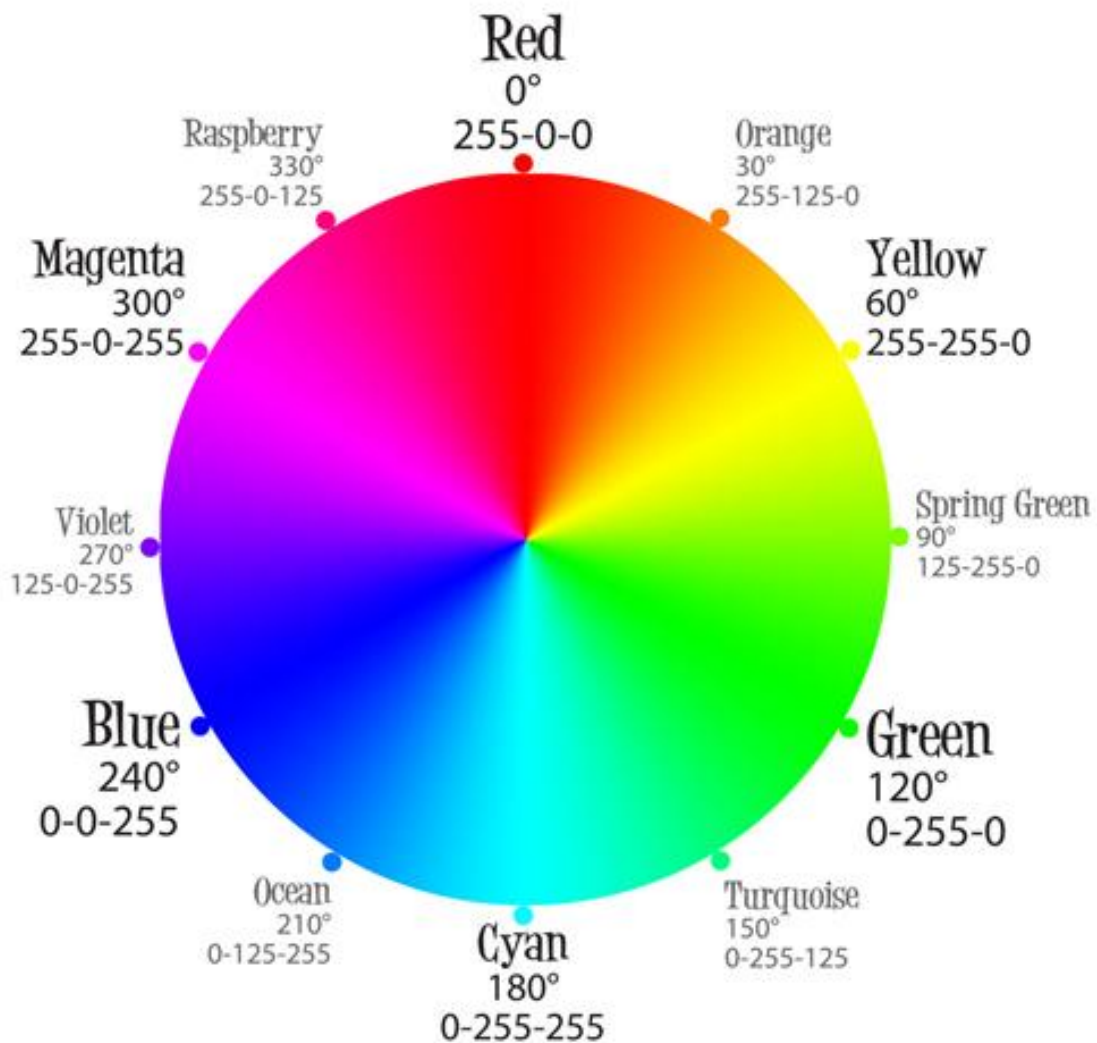


Figura 17. Rueda de color para el modelo RGB <sup>[75]</sup>

Como el color de la orina para determinar los diferentes niveles de agua en el cuerpo se podría clasificar en la gama de amarillos o ámbar, el plano determinante para esta clasificación debería ser su correspondiente color complementario, el color azul <sup>[72]</sup>.

Y experimentalmente, tras procesar todas las muestras en varias ocasiones, hemos podido comprobar que efectivamente el único plano que sufre las variaciones más destacables, es el plano B.

### 5.2.3.1 Cálculo de las distancias euclídeas para cada nivel de la carta de color

En primer lugar, vamos a obtener todos los valores de los píxeles en cada uno de los niveles de la carta de color de la orina que vamos a utilizar en este proyecto, y asignar un grado de hidratación o deshidratación a cada uno de ellos.

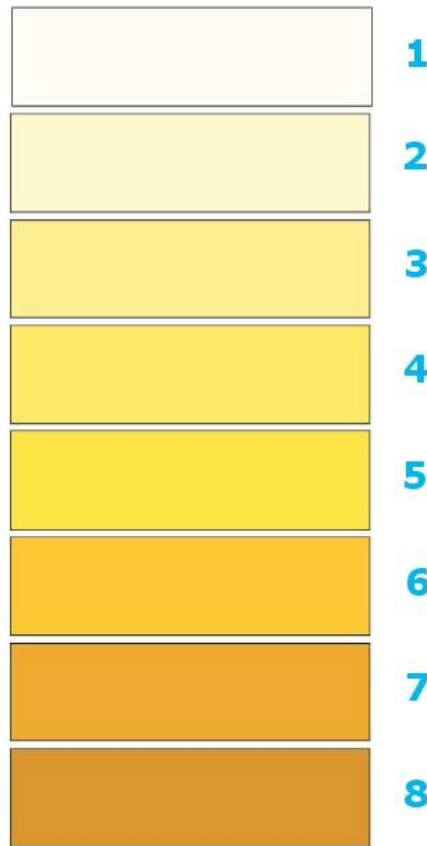


Figura 18. Niveles utilizados en la carta de color de la orina <sup>[57]</sup>

Para la carta de color elegida, hemos obtenido los siguientes valores para cada grado:

- |                    |   |                                  |
|--------------------|---|----------------------------------|
| # 1: [255,253,246] | - | Nivel óptimo de hidratación      |
| # 2: [253,248,206] | - | Nivel muy bueno de hidratación   |
| # 3: [253,238,145] | - | Nivel bueno de hidratación       |
| # 4: [253,234,103] | - | Nivel de hidratación apto        |
| # 5: [252,230,69]  | - | Nivel bajo de deshidratación     |
| # 6: [255,200,53]  | - | Nivel de deshidratación medio    |
| # 7: [239,171,48]  | - | Nivel alto de deshidratación     |
| # 8: [219,150,47]  | - | Nivel muy alto de deshidratación |

Pasamos a calcularlas con MATLAB, así como a obtener la mínima distancia y su posición correspondiente en el vector de todas las distancias euclídeas.

```
d1=sqrt((x-255)^2+(y-253)^2+(z-246)^2);  
d2=sqrt((x-253)^2+(y-248)^2+(z-206)^2);  
d3=sqrt((x-253)^2+(y-238)^2+(z-145)^2);  
d4=sqrt((x-253)^2+(y-234)^2+(z-103)^2);  
d5=sqrt((x-252)^2+(y-230)^2+(z-69)^2);  
d6=sqrt((x-255)^2+(y-200)^2+(z-53)^2);  
d7=sqrt((x-239)^2+(y-171)^2+(z-48)^2);  
d8=sqrt((x-219)^2+(y-150)^2+(z-47)^2);  
  
%Juntamos en un vector todas las distancias calculadas  
  
d=[d1,d2,d3,d4,d5,d6,d7,d8];  
  
%Obtenemos la distancia mínima y la posición correspondiente  
  
[dmin,p]=min(d);
```

### **5.2.3.2 Asignación de niveles a las muestras**

Una vez que tenemos la distancia mínima, así como su posición en el vector de distancias, podemos buscar a qué nivel de la carta de color de la orina se corresponde, y lo mostramos por pantalla.

%Dependiendo de la posición obtenida, sabremos a qué nivel de la carta de color se corresponde, y lo mostraremos por la ventana de comandos

```
if p==8
    disp('# 8.Nivel muy alto de deshidratación')
elseif p==7
    disp('# 7.Nivel alto de deshidratación')
elseif p==6
    disp('# 6.Nivel de deshidratación medio')
elseif p==5
    disp('# 5.Nivel bajo de deshidratación')
elseif p==4
    disp('# 4.Nivel de hidratación apto')
elseif p==3
    disp('# 3.Nivel bueno de hidratación')
elseif p==2
    disp('# 2.Nivel muy bueno de hidratación')
elseif p==1
    disp('# 1.Nivel óptimo de hidratación')
end
```

En este caso, que estamos trabajando con la muestra 'm26d17a', obtendríamos el siguiente resultado:

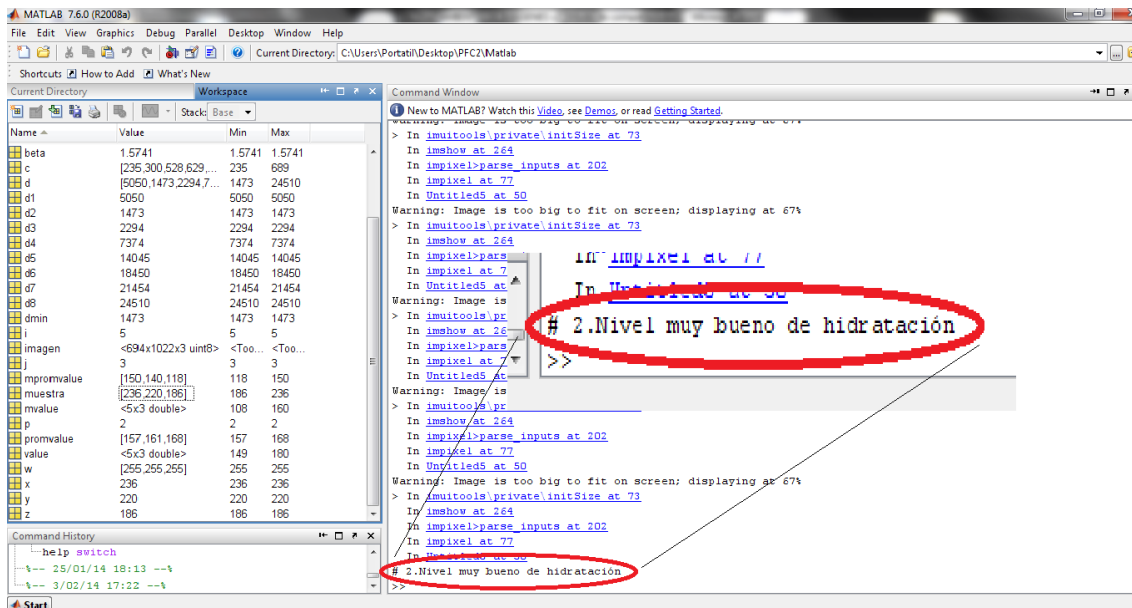


Figura 19. Resultado del análisis de la muestra

### 5.2.3.3 Recuento de las muestras analizadas

Haciendo un recuento de los resultados obtenidos con cada una de las 57 muestras, podemos comprobar que la mayoría de ellas pertenecen a estados de hidratación, en concreto al nivel 3, "Nivel bueno de hidratación". Coincidiendo así con los resultados que obtuvimos tras analizar los diferentes parámetros anotados en el estudio del capítulo anterior.

En concreto, el número de muestras obtenidas en cada uno de los diferentes niveles es:

Nivel de la carta de color de la orina	Número de muestras en ese nivel
Nivel 1	1
Nivel 2	11
Nivel 3	33
Nivel 4	8
Nivel 5	1
Nivel 6	1
Nivel 7	2
Nivel 8	0

Tabla 14. Recuento de muestras para cada nivel

Gráficamente, lo visualizaríamos de la siguiente manera:

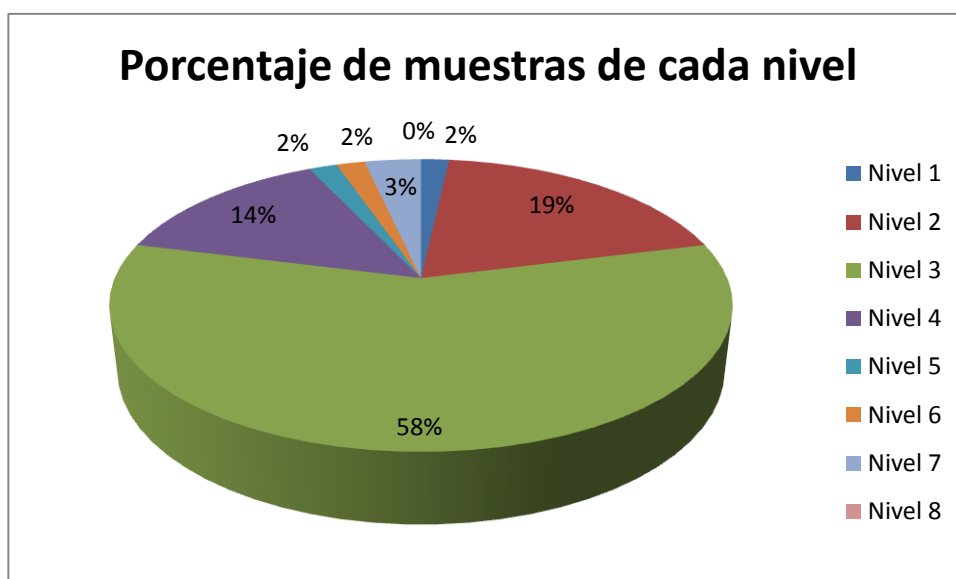


Figura 20. Distribución de las muestras procesadas en cada uno de los niveles de hidratación y deshidratación de la carta de color

## 5.3 CLASIFICACIÓN DE LAS MUESTRAS

### 5.3.1 Introducción

En este apartado vamos a mostrar como quedaría la clasificación de las muestras con las que hemos estado trabajando anteriormente, utilizando Diagramas de Voronoi <sup>[73]</sup>, que se basan precisamente en las distancias euclídeas previamente calculadas.

Seguiremos el mismo orden establecido en las muestras, por sujetos, unificando las fases de recogida de las mismas.

#### 5.3.1.1 Sujeto #1

Clasificación para el primer día:

	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3	Muestra 4
	[255,198,60]	[240,212,152]	[226,199,126]	[238,215,148]
<b>Nivel</b>	# 6.Nivel de deshidratación medio	# 3.Nivel bueno de hidratación	# 4.Nivel de hidratación apto	# 3.Nivel bueno de hidratación

Tabla 15. Clasificación de las muestras del sujeto#1 durante el primer día

Clasificación para el segundo día:

	<b>Muestra 1</b>	<b>Muestra 2</b>	<b>Muestra 3</b>	<b>Muestra 4</b>
	[240,214,149]	[240,214,146]	[238,180,57]	[248,206,118]
<b>Nivel</b>	# 3.Nivel bueno de hidratación	# 3.Nivel bueno de hidratación	# 7.Nivel alto de deshidratación	# 4.Nivel de hidratación apto

*Tabla 16. Clasificación de las muestras del sujeto#1 durante el segundo día*

### 5.3.1.2 Sujeto #2

Clasificación para el primer día:

	<b>Muestra 1</b>	<b>Muestra 2</b>	<b>Muestra 3</b>	<b>Muestra 4</b>	<b>Muestra 5</b>	<b>Muestra 6</b>	<b>Muestra 7</b>
	[225,174,56]	[218,195,136]	[229,209,157]	[224,193,115]	[228,193,113]	[247,228,171]	[220,190,131]
<b>Nivel</b>	# 7.Nivel alto de deshidratación	# 3.Nivel bueno de hidratación	# 3.Nivel bueno de hidratación	# 4.Nivel de hidratación apto	# 4.Nivel de hidratación apto	# 3.Nivel bueno de hidratación	# 3.Nivel bueno de hidratación

*Tabla 17. Clasificación de las muestras del sujeto#2 durante el primer día*

Clasificación para el segundo día:

	<b>Muestra 1</b>	<b>Muestra 2</b>	<b>Muestra 3</b>	<b>Muestra 4</b>	<b>Muestra 5</b>
	[227,204,149]	[242,212,135]	[244,233,189]	[238,232,192]	[246,218,139]
<b>Nivel</b>	# 3.Nivel bueno de hidratación	# 3.Nivel bueno de hidratación	# 2.Nivel muy bueno de hidratación	# 2.Nivel muy bueno de hidratación	# 3.Nivel bueno de hidratación

*Tabla 18. Clasificación de las muestras del sujeto#2 durante el segundo día*



### 5.3.1.3 Sujeto #3

Clasificación para el primer día:

	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3	Muestra 4	Muestra 5	Muestra 6	Muestra 7
	[223,194,124]	[225,193,125]	[237,232,213]	[230,227,213]	[215,212,194]	[229,214,182]	[243,223,168]
<b>Nivel</b>	# 4.Nivel de hidratación apto	# 4.Nivel de hidratación apto	# 2.Nivel muy bueno de hidratación	# 2.Nivel muy bueno de hidratación	# 2.Nivel muy bueno de hidratación	# 2.Nivel muy bueno de hidratación	# 3.Nivel bueno de hidratación

Tabla 19. Clasificación de las muestras del sujeto#3 durante el primer día

Clasificación para el segundo día:

	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3	Muestra 4	Muestra 5	Muestra 6	Muestra 7
	[234,205,142]	[228,226,211]	[228,229,229]	[231,207,139]	[232,211,155]	[238,207,133]	[233,217,174]
<b>Nivel</b>	# 3.Nivel bueno de hidratación	# 2.Nivel muy bueno de hidratación	# 2.Nivel muy bueno de hidratación	# 3.Nivel bueno de hidratación	# 3.Nivel bueno de hidratación	# 3.Nivel bueno de hidratación	# 3.Nivel bueno de hidratación

Tabla 20. Clasificación de las muestras del sujeto#3 durante el segundo día

### 5.3.1.4 Sujeto #4

Clasificación para el primer día:

	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3	Muestra 4
	[255,237,164]	[254,233,159]	[255,241,165]	[253,235,172]
<b>Nivel</b>	# 3.Nivel bueno de hidratación	# 3.Nivel bueno de hidratación	# 3.Nivel bueno de hidratación	# 3.Nivel bueno de hidratación

Tabla 21. Clasificación de las muestras del sujeto#4 durante el primer día

Clasificación para el segundo día:

	<b>Muestra 1</b>	<b>Muestra 2</b>	<b>Muestra 3</b>	<b>Muestra 4</b>
	[255,204,88]	[246,219,136]	[254,229,172]	[255,226,159]
<b>Nivel</b>	# 5.Nivel bajo de deshidratación	# 3.Nivel bueno de hidratación	# 3.Nivel bueno de hidratación	# 3.Nivel bueno de hidratación

*Tabla 22. Clasificación de las muestras del sujeto#4 durante el segundo día*

### 5.3.1.5 Sujeto #5

Clasificación:

	<b>Muestra 1</b>	<b>Muestra 2</b>	<b>Muestra 3</b>	<b>Muestra 4</b>
	[252,213,148]	[255,221,154]	[254,217,141]	[236,196,124]
<b>Nivel</b>	# 3.Nivel bueno de hidratación	# 3.Nivel bueno de hidratación	# 3.Nivel bueno de hidratación	# 4.Nivel de hidratación apto

*Tabla 23. Clasificación de las muestras del sujeto#5 durante un día*

### 5.3.1.6 Sujeto #6

Clasificación para el primer día:

	<b>Muestra 1</b>	<b>Muestra 2</b>	<b>Muestra 3</b>	<b>Muestra 4</b>	<b>Muestra 5</b>
	[234,204,127]	[239,228,190]	[185,180,169]	[220,226,233]	[175,172,154]
<b>Nivel</b>	# 4.Nivel de hidratación apto	# 2.Nivel muy bueno de hidratación	# 3.Nivel bueno de hidratación	# 1.Nivel óptimo de hidratación	# 3.Nivel bueno de hidratación

*Tabla 24. Clasificación de las muestras del sujeto#6 durante el primer día*

Clasificación para el segundo día:

	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3	Muestra 4	Muestra 5	Muestra 6
	[239,216,148]	[246,237,207]	[239,217,157]	[251,229,164]	[219,215,189]	[231,222,177]
<b>Nivel</b>	# 3.Nivel bueno de hidratación	# 2.Nivel muy bueno de hidratación	# 3.Nivel bueno de hidratación	# 3.Nivel bueno de hidratación	# 2.Nivel muy bueno de hidratación	# 3.Nivel bueno de hidratación

Tabla 25. Clasificación de las muestras del sujeto#6 durante el segundo día

### 5.3.2 Representación mediante Diagramas de Voronoi

Los diagramas de Voronoi reciben este nombre gracias al matemático Georgy Voronoi, aunque también se les puede conocer con otros nombres tales como "polígonos de Thiessen" o "teselación de Dirichlet" <sup>[73]</sup>.

Se trata de una construcción geométrica con la cual podemos dividir el plano euclídeo. Se forman al unir los puntos entre sí, trazando las correspondientes mediatrices de los segmentos de unión. Las intersecciones de cada una de estas mediatrices crean una serie de polígonos en un espacio bidimensional alrededor de un conjunto de puntos de control, siendo el perímetro generado equidistante a los puntos vecinos <sup>[73]</sup>.

Como ya hemos comentado, en nuestro caso al trabajar con distancias euclídeas, ese tipo de representación es el que mejor se ajusta a nuestras necesidades de representación.

El código utilizado en MATLAB para obtener dichos diagramas con las muestras de cada uno de los individuos sometidos al estudio sería de la siguiente forma:

```

% La función 'pdist' devuelve un vector que contiene las distancias euclídeas entre cada par
% de observaciones de la matriz que contiene las muestras, y la función 'squareform'
% convierte este vector en un formato simétrico y cuadrado

D = squareform(pdist(muestras));

% La función 'mdscale' realiza un escalamiento multidimensional (en nuestro caso
%bidimensional) no métrico en la matriz D, devolviendo una configuración de puntos (65x2)
% que son los que vamos a representar.

[Y, stress] = mdscale(D,2);

% Representar los diagramas de Voronoi con la evolución de las muestras de los sujetos en
% los que han sido recogidas durante dos días (como los sujetos#1,#2,#3,#4)

for s=1:2:8

figure(s)

hold on

% Dibujamos el diagrama de Voronoi

voronoi(Y(end-obs(end)+1:end,1),Y(end-obs(end)+1:end,2));

% Asignamos 'mejor' al estado más óptimo de hidratación y peor al más grave de
%deshidratación

text(Y(end-obs(end)+1,1),Y(end-obs(end)+1,2),'Mejor');

text(Y(end,1),Y(end,2),'Peor')

% Dibujamos de color verde las posiciones de las muestras recogidas durante el primer día

plot(Y(c:c+obs(s)-1,1),Y(c:c+obs(s)-1,2),'*g');

% Asignamos 'm' a la primera de las muestras del día y 't' a la última

text(Y(c,1),Y(c,2),'m');

text(Y(c+obs(s)-1,1),Y(c+obs(s)-1,2),'t');

c=c+obs(s); % Aumentamos el contador

```

```

% Dibujamos de color rojo las posiciones de las muestras recogidas durante el segundo día
plot(Y(c:c+obs(s+1)-1,1),Y(c:c+obs(s+1)-1,2),'*r');

% Asignamos 'm' a la primera de las muestras del día y 't' a la última
text(Y(c,1),Y(c,2),'m');

text(Y(c+obs(s+1)-1,1),Y(c+obs(s+1)-1,2),'t');

c=c+obs(s+1);% Aumentamos el contador

title(sprintf('Sujeto %d',ceil(s/2)));

grid

hold off

end

```

### 5.3.2.1 Diagrama de Voronoi del Sujeto #1

Para el caso del primer sujeto a estudio, obtendríamos la siguiente representación:

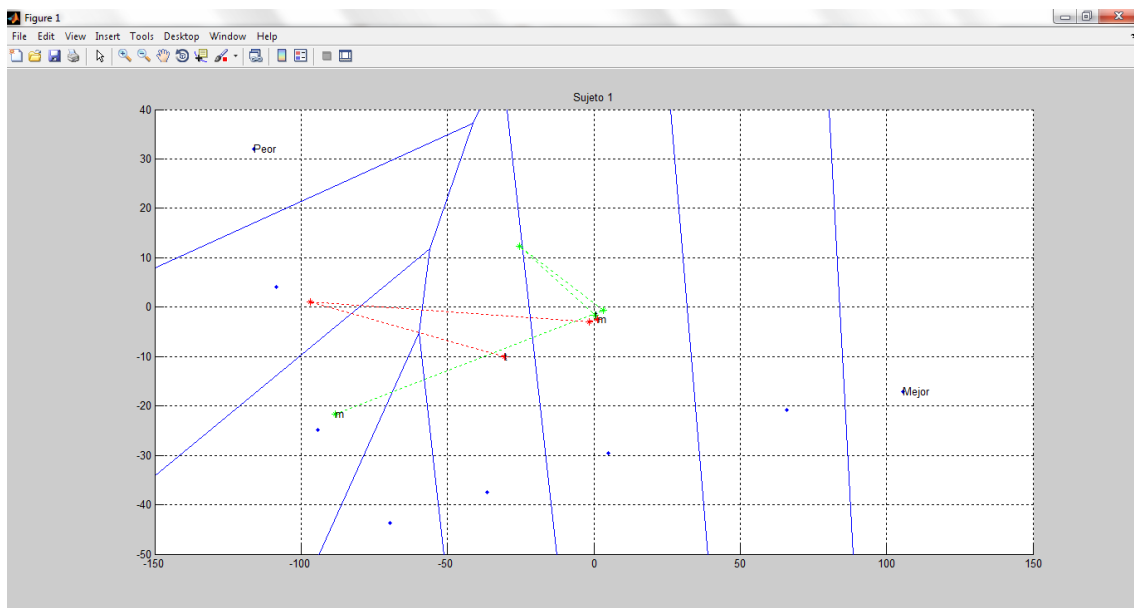


Figura 21. Diagrama de Voronoi del sujeto #1

Donde podemos apreciar en verde la evolución del primer día, y en rojo la del segundo día.

Para el primer día, podemos apreciar claramente una recuperación de la hidratación en la evolución de las muestras.

En este caso, el dato que más llamaría la atención es el correspondiente a la tercera muestra del primer día, que a pesar de pertenecer a un nivel de hidratación apto (nivel 4), está muy próximo a la frontera con el nivel 3, un nivel bueno de hidratación, lo que significaría un mantenimiento bastante constante de la hidratación.

Para el segundo día, tendríamos más variabilidad, ya que tras estar en estados buenos de hidratación, pasaría a un nivel alto de deshidratación (nivel 7), recuperándose notablemente para la última muestra del día.

### 5.3.2.2 Diagrama de Voronoi del Sujeto #2

Para el caso del segundo sujeto estudiado, obtendríamos la siguiente representación:

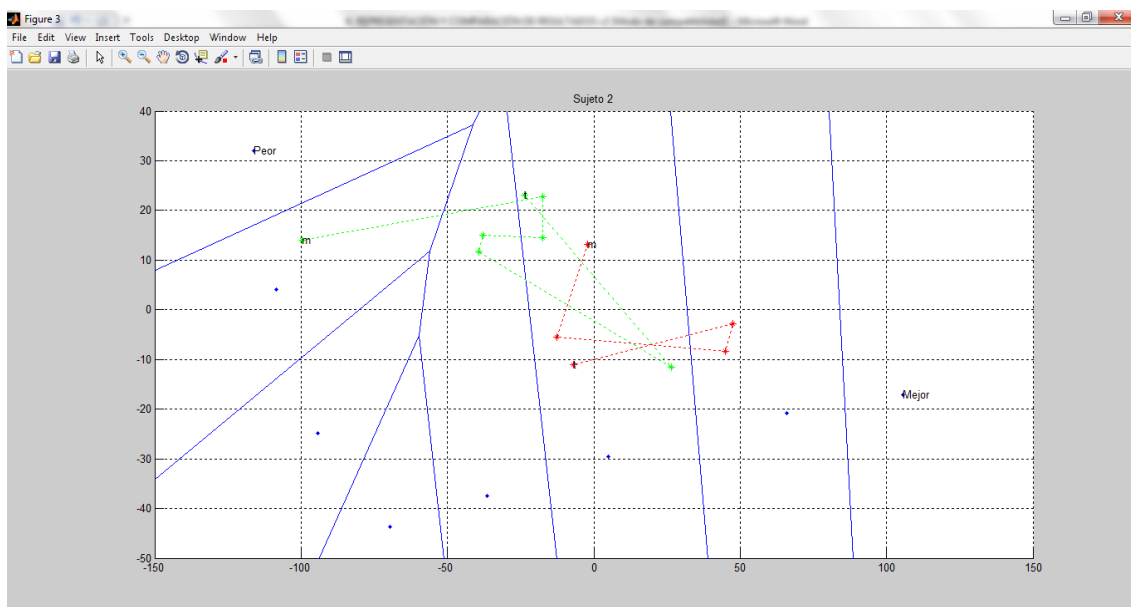


Figura 22. Diagrama de Voronoi del sujeto #2

Donde también podemos apreciar en verde la evolución del primer día, y en rojo la del segundo.

En esta ocasión, para el primer día podemos apreciar una mayor evolución de las muestras, pasando de un primer nivel alto de deshidratación (nivel 7) a niveles aptos y buenos de hidratación a lo largo del día de recogida.

Y para el segundo día, podemos apreciar un diagrama bastante constante y bueno, ya que todas las muestras oscila entre niveles buenos y muy buenos de hidratación.

### 5.3.2.3 Diagrama de Voronoi del Sujeto #3

Para el caso del tercer sujeto, la representación obtenida sería:

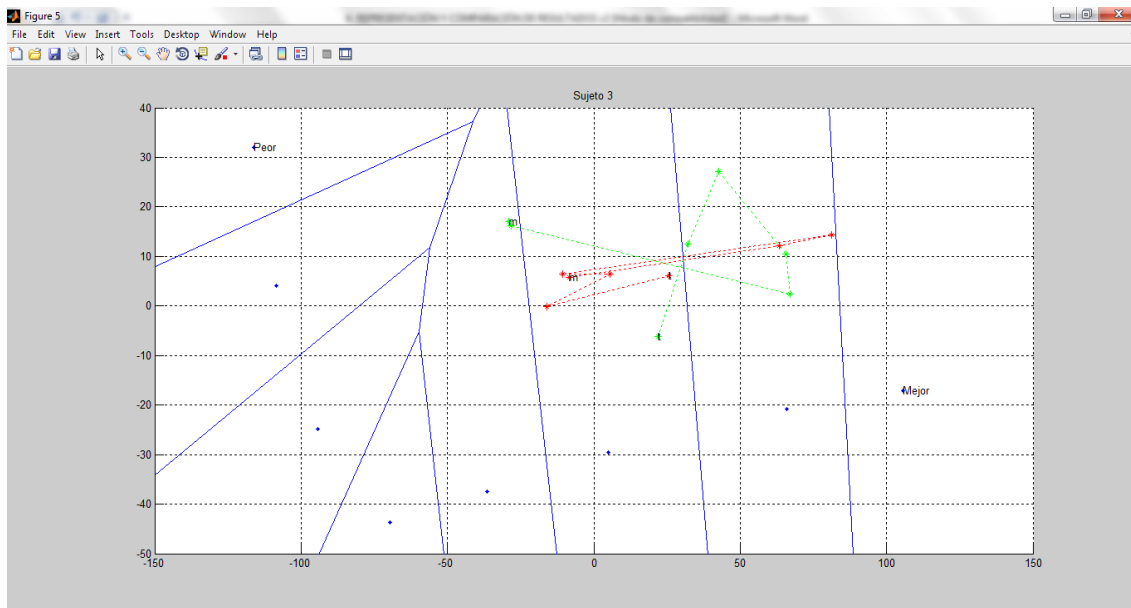


Figura 23. Diagrama de Voronoi del sujeto #3

Al igual que ocurre con todos los diagramas, apreciamos en verde la evolución del primer día, y en rojo la del segundo día.

Como ya se ha comentado con anterioridad, al estar ante una persona de menor edad que los casos anteriores, podemos notar claramente como sus muestras se encuentran entre niveles buenos y muy buenos de hidratación.

Para el primer día podemos destacar que la primera muestra recogida está en un nivel más bajo de hidratación (nivel 4), pero nada preocupante, de hecho muy cercano a la frontera del nivel 3.

Y para el segundo día, donde las muestras siguen teniendo un buen comportamiento, podemos distinguir que la segunda muestra recogida ese día estaría muy cerca de la frontera del nivel de hidratación óptimo (nivel 1).

### 5.3.2.4 Diagrama de Voronoi del Sujeto #4

Para el cuarto caso del estudio, la representación obtenida sería:

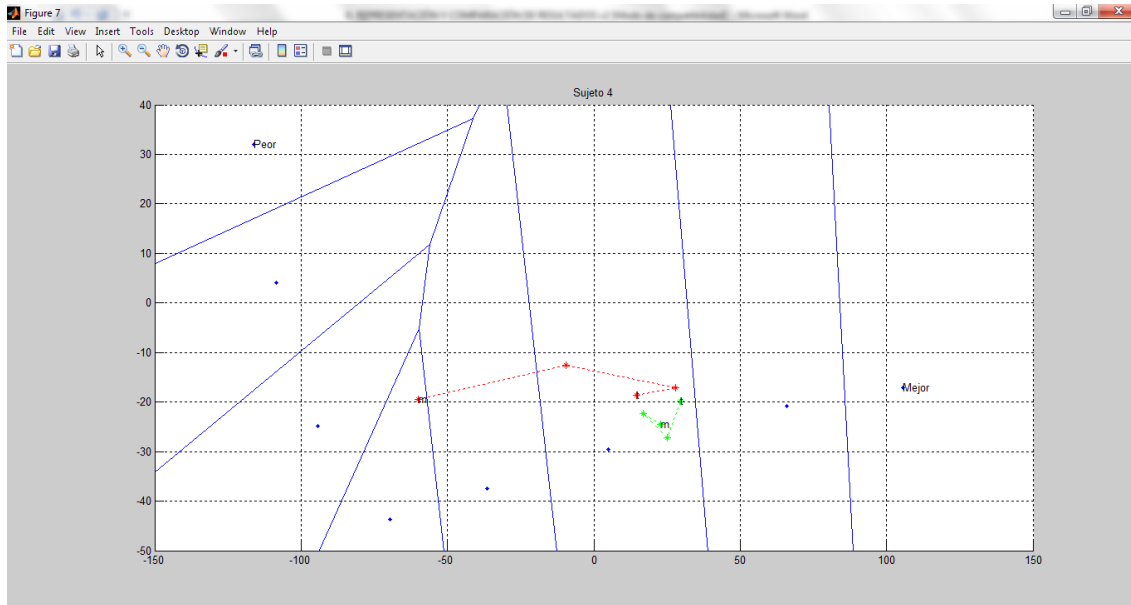


Figura 24. Diagrama de Voronoi del sujeto #4

Seguimos apreciando en verde la evolución del primer día, y en rojo la del segundo.

Como ya se ha tratado en capítulos anteriores, este es uno de los sujetos que se llevó a la recogida de muestras en una segunda fase, debido a la incoherencia de sus resultados.

Para este primer día, podemos notar que no hay casi evolución en sus muestras, al igual que tampoco hay grandes diferencias en los otros parámetros recogidos ese día como son la humedad relativa, la temperatura ambiente, etc.

Por eso mismo se llevó a este sujeto a un segundo día de estudio, para ver si sus muestras se comportaban de alguna forma más normal o lógica, y entonces sí obtuvimos resultados mejores. Podemos apreciar cómo la primera muestra tiene un estado más deshidratado que el resto (debido a ser la primera muestra recogida después de una noche de sueño, como se trató en capítulos anteriores) y como se produce una recuperación de la hidratación, pasando a oscilar las muestras en un nivel bueno de hidratación (nivel 3).



### 5.3.2.5 Diagrama de Voronoi del Sujeto #5

Ahora vamos con el quinto sujeto estudiado, siendo su representación:

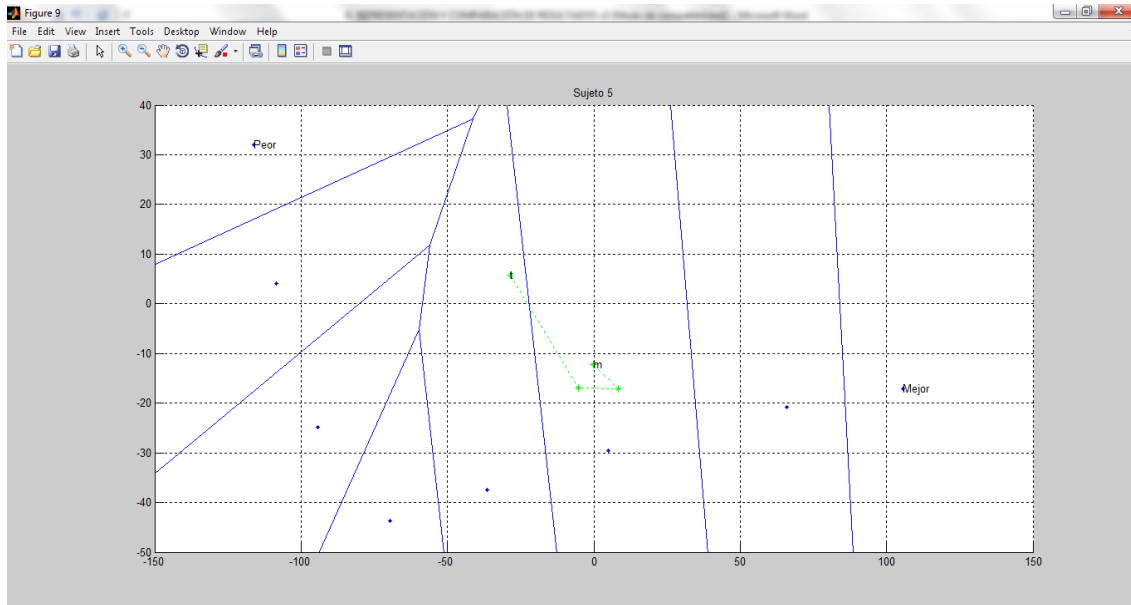


Figura 25. Diagrama de Voronoi del sujeto #5

En esta ocasión, sólo pudimos recoger muestras de este individuo durante un único día, y son las que se aprecian en verde.

Al tratarse también de una persona joven, no partimos de estados de deshidratación preocupantes. Se mantiene en un estado de hidratación óptimo, a excepción de su última muestra recogida, que pasa a un nivel de hidratación bajo (nivel 4), pudiendo ser debido a una simple dejadez a la hora de ingerir líquidos y que fácilmente puede recuperarse.

### 5.3.2.6 Diagrama de Voronoi del Sujeto #6

Para el último caso del estudio, obtendríamos la siguiente representación:

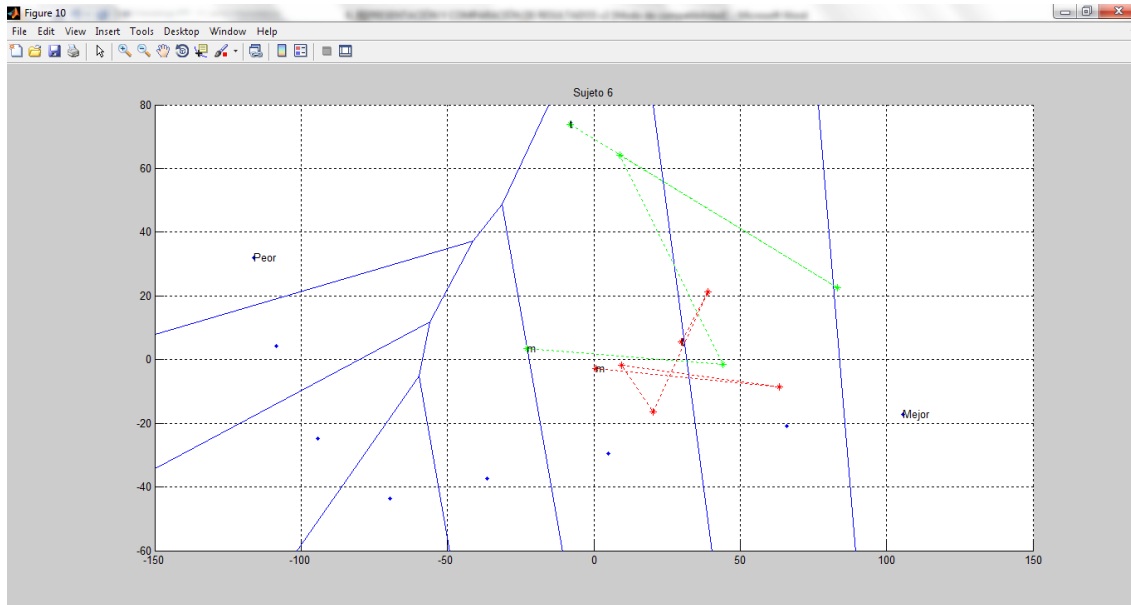


Figura 26. Diagrama de Voronoi del sujeto #6

Al igual que en la mayoría de los casos previos, podemos apreciar en verde la evolución del primer día, y en rojo la del segundo día.

Este sujeto también fue sometido a una segunda fase de recogida de muestras por la anomalía encontrada en las muestras analizadas, ya que como podemos observar en el primer día, obviando los constantes cambios de niveles, hay un par de muestras, en concreto la última recogida, que perteneciendo a un nivel bueno de hidratación (nivel 4), estaría cerca de la frontera de un nivel grave de deshidratación (nivel 8). Esto, como ya comentamos, podía ser debido a varias causas, como un cambio en la iluminación en el día que se tomaron las capturas de las muestras, por ello, se llevó a un segundo día de estudio.

En este segundo día de estudio ya estamos ante muestras que presentan mayor normalidad, propias a una persona de esa edad, es decir, sin grandes cambios a destacar estando entre niveles buenos y muy buenos de hidratación.

### 5.3.2.7 Conclusiones

Por tanto, para concluir este capítulo podemos comentar que gracias a la representación de las muestras mediante los Diagramas de Voronoi, podemos detectar casos anómalos como los que nos encontramos con los primeros días de recogida de las muestras de los sujetos #4 y #6, así como ver la evolución de las muestras a lo largo de un día.



# Capítulo 6

## Regresión lineal múltiple de las muestras

### 6.1 INTRODUCCIÓN

Por el tipo de datos que hemos recogido y cómo los hemos tratado, podemos suponer que estamos tratando con un modelo de regresión lineal múltiple. Y eso es lo que vamos a detallar y justificar a lo largo de este capítulo.

Primeramente haciendo una regresión lineal múltiple con el conjunto de todos los datos del estudio, es decir, de las 57 muestras con las que hemos trabajado. Y posteriormente, realizando las regresiones lineales múltiples para cada uno de los sujetos estudiados.

Por último, para comprobar la precisión del modelo de regresión lineal múltiple obtenido, calcularemos la correspondiente matriz de confusión.

## 6.2 REGRESIÓN LINEAL MÚLTIPLE

### 6.2.1 Introducción

Matemáticamente, queremos comprender mejor las relaciones que tienen unas variables con otras, así que para ello vamos a centrarnos en el modelo de Regresión Lineal Múltiple.

Con este modelo, vamos a analizar la influencia de varias variables explicativas (las que formarán parte de nuestra matriz X) en los valores que toma nuestra otra variable, la que denominaremos dependiente (y que en nuestro caso será la correspondiente al vector Y).

Al utilizar más de una variable explicativa, contamos con más información a la hora de construir nuestro modelo de regresión, y consecuentemente, podemos realizar estimaciones más precisas.

Una de las cuestiones que se nos plantea de mayor interés, será saber cuáles son las variables explicativas más influyentes en la variable dependiente.

De forma general, la ecuación que representaría esta relación de variables sería <sup>[76] [77]</sup>:

$$Y = b_0 + b_1 * x_1 + b_2 * x_2 + \dots + b_m * x_m + \varepsilon$$

En nuestro caso, podemos decir que la deshidratación es un conjunto de factores que de forma conjunta definen un nivel u otro dentro de la escala de niveles de mayor hidratación a mayor deshidratación.

Por tanto, la ecuación que representaría nuestra relación sería:

$$\begin{aligned} \text{deshidr} = & b_0 + b_1 * \text{hum} + b_2 * \text{temp} + b_3 * \text{act} + b_4 * \text{líq} + b_5 * \text{recog} + b_6 * \text{edad} + \\ & + b_7 * \text{sexo} + \varepsilon \end{aligned}$$

siendo:

*deshidr* -> Deshidratación o hidratación, sería la variable dependiente

*hum* -> La humedad relativa, sería una de las variables explicativas

*temp* -> La temperatura ambiente, sería otra de las variables explicativas

*act* -> La actividad física previa, otra de las variables explicativas

*líq* -> Los líquidos ingeridos a lo largo del día, pertenecería al grupo de variables explicativas

*recog* -> El número de muestras recogidas a lo largo del día, sería una variable explicativa más a considerar

*edad* -> Edad de la persona estudiada, sería otra variable explicativa

*sexo* -> Género de la persona sometida al estudio, sería la última variable explicativa a tener en cuenta

$\varepsilon$  -> sería el error asociado a la medición. Este error, teóricamente sabemos que debe cumplir una serie de requisitos <sup>[79]</sup>:

- Normalidad:  $\varepsilon \sim N(0, \sigma^2)$
- Linealidad:  $E(\varepsilon) = 0$
- Homocedasticidad:  $V(\varepsilon) = \sigma^2$  (es decir, la varianza de los errores es constante en el modelo)
- Independencia: Los  $\varepsilon$  son independientes

$b_0, b_1, b_2, b_3, b_4, b_5, b_6, b_7$  -> son los coeficientes. Siendo  $b_0$  el valor medio de la respuesta de la variable dependiente, cuando todas las variables explicativas son nulas. Y el resto de coeficientes representan el incremento media de la variable dependiente cuando la variable explicativa correspondiente aumenta en una unidad y el resto de las variables explicativas permanecen constantes.

Por tanto, los coeficientes son elegidos de forma que la suma de cuadrados entre los valores observados y los pronosticados sea mínima, es decir, de forma que se minimice la varianza residual.

Por otro lado, como todas las variables explicativas deben tener formato numérico para poder hacer los cálculos correspondientes, vamos a asignar unos valores a las variables explicativas que no cumplen esta condición, quedando:

*act* -> 0; cuando se trate de actividad nula o estado de reposo  
0.25; cuando sea una actividad baja o escasa  
0.5; para una actividad media (como por ejemplo caminar)  
0.75; para una actividad alta  
1; para aquellos casos cuando la actividad sea de mucha intensidad

*sexo* -> 1; cuando el género del individuo sea femenino  
-1; cuando el género sea masculino

### 6.2.2 Cálculo de los coeficientes y otros parámetros

Teóricamente ya tendríamos cómo quedaría nuestro modelo de regresión lineal múltiple, por lo que ahora pasaríamos a calcular los coeficientes estimados para cada uno de los casos, así como otros valores que nos puedan ser de interés a la hora de comprobar la efectividad de este método para nuestros casos.

Como hemos explicado anteriormente, el vector que contiene las variables dependientes es 'deshidr', que corresponde al vector que hemos obtenido en el capítulo anterior, cuando representamos nuestras muestras según los diagramas de Voronoi. Con la particularidad que obtuvimos una matriz de dimensión (número\_muestras)x2, es decir, dos columnas, una por cada uno de los ejes de los diagramas. Una primera columna correspondiente al eje horizontal, y una segunda columna correspondiente al eje vertical.

Con estas premisas, y considerando que a simple vista la primera columna parece más determinante que la segunda para asignar un nivel en la escala de deshidratación, vamos a hacer los cálculos con cada una de las columnas para comprender mejor los resultados.

Para ello vamos a utilizar la función "regress" de MATLAB <sup>[84]</sup>, quedando el código siguiente para uno de los casos:

```

% Obtenemos el número de filas y columnas que tiene la matriz Y
[filas,columnas]=size(Y);

% Separamos las columnas de la matriz Y para calcular la regresión lineal múltiple de
% una columna, y luego de la otra. Y cogemos sólo los 57 primeros valores
% correspondientes a todas las muestras

for a=1:(filas-8) % Restamos los valores correspondientes a carta color

    Y1(a)=Y(a,1);

    Y2(a)=Y(a,2);

end

% Las siguientes matrices contienen las columnas correspondientes, y en el siguiente
% orden, a: sesgos, humedad relativa, temperatura ambiente, tipo de actividad
% realizada, cantidad de líquidos ingeridos, número de muestras recogidas, edad y
% género de la persona estudiada.

% Los datos correspondientes al sujeto #1, durante el primer día

X11=[1,1,1,1;66,82,70,60;18.5,15.7,19.5,18.5;0,0.5,0.25,0;1.7,1.7,1.7,1.7;4,4,4,4;56,56,5
6,56;-1,-1,-1,-1]';

% Los datos correspondientes al sujeto #1, durante el segundo día

X12=[1,1,1,1;65,67,73,66;18.5,19.5,14.4,18;0,0.25,0.25,0;1.5,1.5,1.5,1.5;4,4,4,4;56,56,5
6,56;-1,-1,-1,-1]';

% Los datos correspondientes al sujeto #2, durante el primer día

X21=[1,1,1,1,1,1,1;67,66,82,68,67,66,66;18.5,19,15.7,19,19,18.6,18.5;0,0.25,0.5,0.25,0.
5,0.25,0;1.7,1.7,1.7,1.7,1.7,1.7,1.7;7,7,7,7,7,7,7;54,54,54,54,54,54,54;1,1,1,1,1,1]';

% Los datos correspondientes al sujeto #2, durante el segundo día

X22=[1,1,1,1,1;65,67,73,66,66;18.5,19.5,14.4,18.5,18;0,0.25,0.25,0.5,0;1,1,1,1,1;5,5,5,5,
5;54,54,54,54,54;1,1,1,1,1]';

% Los datos correspondientes al sujeto #3, durante el primer día

X31=[1,1,1,1,1,1,1;65,64,67,68,70,67,66;19,19.5,19,19,19.5,19,18.5;0,0.25,0.25,0.25,0.2
5,0.5,0;1.4,1.4,1.4,1.4,1.4,1.4,1.4;7,7,7,7,7,7,7;26,26,26,26,26,26,26;1,1,1,1,1,1]';

% Los datos correspondientes al sujeto #3, durante el segundo día

X32=[1,1,1,1,1,1,1;65,68,67,67,67,74,68;18.5,19,19.5,19.5,19,13,18;0,0.25,0.5,0.25,0.25
,0.25,0;1,1,1,1,1,1,1;7,7,7,7,7,7,7;26,26,26,26,26,26,26;1,1,1,1,1,1,1]';

% Los datos correspondientes al sujeto #4, durante el primer día

X41=[1,1,1,1;56,56.5,55.5,56;19,19,19.5,19;0,0.25,0.25,0;1.8,1.8,1.8,1.8;4,4,4,4;47,47,4
7,47;1,1,1,1]';

```



*% Los datos correspondientes al sujeto #4, durante el segundo día*

*X42=[1,1,1,1;70,57,42,50;19,21,23,19;0,0.25,0.25,0;1.2,1.2,1.2,1.2;4,4,4,4;48,48,48,48;1,1,1,1]';*

*% Los datos correspondientes al sujeto #5, durante el único día*

*X51=[1,1,1,1;58,67,65,60;20,16.2,17,19;0,0.25,0.25,0.25;1,1,1,1;4,4,4,4;18,18,18,18;-1,-1,-1,-1]';*

*% Los datos correspondientes al sujeto #6, durante el primer día*

*X61=[1,1,1,1,1;65,68,67,72,67;19,19.5,19.5,14.2,18.5;0,0.25,0.25,0.5,0;1.8,1.8,1.8,1.8,1.8;5,5,5,5,5;31,31,31,31,31;1,1,1,1,1]';*

*% Los datos correspondientes al sujeto #6, durante el segundo día*

*X62=[1,1,1,1,1,1;81,74,56,57,70,77;19,19.5,19.5,18,19.5,18.5;0,0.25,0.25,0.5,0.25,0.25;1.5,1.5,1.5,1.5,1.5,1.5;6,6,6,6,6,6;32,32,32,32,32,32;1,1,1,1,1,1]';*

*% Creamos una única matriz con todos los datos anteriores enlistados uno detrás de otro*

*X=[X11;X12;X21;X22;X31;X32;X41;X42;X51;X61;X62];*

*% Hacemos la regresión lineal y obtenemos los estadísticos correspondientes, para la %primera columna de Y*

*[b1,bint1,r1,rint1,stats1]=regress(Y1',X);*

*% Hacemos la regresión lineal y obtenemos los estadísticos correspondientes, para la %segunda columna de Y*

*[b2,bint2,r2,rint2,stats2]=regress(Y2',X);*

La ejecución de esta función nos aporta la siguiente información en esta regresión lineal múltiple:

- *b ->* Este primer parámetro, se corresponde al vector que contiene cada uno de los coeficientes estimados en la regresión lineal múltiple para cada 'Y' sobre la matriz 'X' con todos los datos recogidos.
- *bint->* El segundo parámetro, devuelve una matriz con los intervalos de confianza (límites de confianza inferiores y superiores) del 95 % para los coeficientes estimados.
- *r->* El tercer parámetro, devuelve un vector con los residuos asociados. Con estos valores pasaremos a calcular su media y su desviación típica, para saber si cumple las condiciones de normalidad, y cuál es el valor del error que supone a este modelo de regresión.

- rint-> El cuarto parámetro, devuelve los intervalos que se pueden utilizar para diagnosticar valores atípicos.
- stats-> Este quinto y último parámetro en forma de vector, contiene en el siguiente orden, el estadístico R2 (es decir, el coeficiente de determinación, que representa qué tanto por ciento se adecua el modelo de regresión lineal calculado en el comportamiento de los datos), el estadístico correspondiente a la distribución F (distribución de probabilidad continua) y su p-valor, y una estimación de la varianza del error <sup>[78]</sup> <sup>[83]</sup>.

## 6.3 RESULTADOS OBTENIDOS PARA EL CONJUNTO DE TODOS LOS DATOS

En este apartado vamos a analizar detalladamente cada uno de los resultados obtenidos tras ejecutar el código anterior para el conjunto de todos los datos, primeramente con la primera columna de la matriz Y como variable dependiente, y después con la segunda columna.

### 6.3.1 Datos utilizados

Los datos que hemos utilizado para calcular el modelo de regresión lineal múltiple son los siguientes:

#### 6.3.1.1 Matriz X

Esta matriz contiene todos los datos recogidos en el estudio de cada uno de los sujetos, correspondiendo cada una de las columnas a cada una de las variables explicativas del modelo de regresión.

Hum	Temp	act	líq	recog	Edad	sexo
X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7
66	18.5	0	1.7	4	56	-1
82	15.7	0.5	1.7	4	56	-1
70	19.5	0.25	1.7	4	56	-1
60	18.5	0	1.7	4	56	-1
65	18.5	0	1.5	4	56	-1
67	19.5	0.25	1.5	4	56	-1
73	14.4	0.25	1.5	4	56	-1
66	18	0	1.5	4	56	-1
67	18.5	0	1.7	7	54	1
66	19	0.25	1.7	7	54	1

Hum	Temp	act	líq	recog	Edad	sexo
X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7
82	15.7	0.5	1.7	7	54	1
68	19	0.25	1.7	7	54	1
67	19	0.5	1.7	7	54	1
66	18.6	0.25	1.7	7	54	1
66	18.5	0	1.7	7	54	1
65	18.5	0	1	5	54	1
67	19.5	0.25	1	5	54	1
73	14.4	0.25	1	5	54	1
66	18.5	0.5	1	5	54	1
66	18	0	1	5	54	1
65	19	0	1.4	7	26	1
64	19.5	0.25	1.4	7	26	1
67	19	0.25	1.4	7	26	1
68	19	0.25	1.4	7	26	1
70	19.5	0.25	1.4	7	26	1
67	19	0.5	1.4	7	26	1
66	18.5	0	1.4	7	26	1
65	18.5	0	1.5	7	26	1
68	19	0.25	1.5	7	26	1
67	19.5	0.5	1.5	7	26	1
67	19.5	0.25	1.5	7	26	1
67	19	0.25	1.5	7	26	1
74	13	0.25	1.5	7	26	1
68	18	0	1.5	7	26	1
56	19	0	1.8	4	47	1
56.5	19	0.25	1.8	4	47	1
56.5	19.5	0.25	1.8	4	47	1
56	19	0	1.8	4	47	1
70	19	0	1.2	4	48	1
57	21	0.25	1.2	4	48	1
42	23	0.25	1.2	4	48	1
50	19	0	1.2	4	48	1
58	20	0	1	4	18	-1
67	16.2	0.25	1	4	18	-1
65	17	0.25	1	4	18	-1
60	19	0.25	1	4	18	-1
65	19	0	1.8	5	31	1
68	19.5	0.25	1.8	5	31	1
67	19.5	0.25	1.8	5	31	1
72	14.2	0.5	1.8	5	31	1
67	18.5	0	1.8	5	31	1
81	19	0	1.5	6	32	1
74	19.5	0.25	1.5	6	32	1
56	19.5	0.25	1.5	6	32	1
57	18	0.5	1.5	6	32	1
70	19.5	0.25	1.5	6	32	1
77	18.5	0.25	1.5	6	32	1

*Tabla 26. Datos correspondientes a las variables explicativas para el modelo de regresión lineal múltiple general*

### 6.3.1.2 Vectores Y

Esta matriz contiene los datos recogidos en el estudio de cada uno de los sujetos, correspondiendo cada una de las columnas a cada una de las variables explicativas del modelo de regresión.

Deshidr	
Y1	Y2
-88.4549	-21.6129
3.2979	-0.6845
-25.4306	12.2620
0.5631	-1.6455
1.1623	-2.4121
-1.6421	-2.9282
-96.6932	1.0297
-30.6120	-10.0062
-99.5769	14.0129
-17.3960	22.7610
-17.3216	14.4597
-37.7508	14.9807
-39.3864	11.7034
26.4238	-11.5695
-23.6891	23.0569
-2.1908	13.1546
-12.5948	-5.4869
44.9577	-8.3251
47.3982	-2.7820
-6.9982	-11.1163
-29.0077	17.0058
-28.2741	16.2696
67.1584	2.3986
65.6654	10.4056
42.8075	27.1187
32.1838	12.5331
21.9212	-6.2205
-8.3100	5.8337
63.3884	12.1782
81.3047	14.2920
-10.5896	6.3967
5.6615	6.4533
-16.1340	-0.1188
25.5459	6.1173
22.9249	-24.5343
17.0111	-22.3473
25.1675	-27.2522
29.6595	-19.8382
-59.9436	-19.4173
-9.5856	-12.5136
27.9078	-17.1358
14.7020	-18.6947
-0.0317	-12.2610
8.2292	-17.1391
-5.2558	-16.8844

Deshidr	
Y1	Y2
-28.4274	5.7743
-22.7124	3.4533
44.2041	-1.5151
8.7924	64.2456
83.2573	22.6596
-7.9532	73.9535
0.8380	-2.8353
63.2367	-8.6190
9.5496	-1.8957
20.2207	-16.3446
39.0077	21.2941
30.0340	5.4941

Tabla 27. Datos correspondientes a las variables dependientes para el modelo de regresión lineal múltiple general

### 6.3.2 Datos obtenidos

A continuación vamos a analizar y comentar los datos que hemos obtenido al ejecutar el método para la regresión lineal, para cada una de las columnas de Y de forma separada, como explicamos con anterioridad.

#### 6.3.2.1 Primera columna de Y

Para los datos recogidos y los correspondientes a la primera columna de la matriz Y, obtenemos los siguientes coeficientes:

$$b = \begin{pmatrix} b_0 \\ b_1 \\ b_2 \\ b_3 \\ b_4 \\ b_5 \\ b_6 \\ b_7 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 31.6829 \\ 0.1656 \\ 1.8364 \\ 82.7894 \\ -3.8775 \\ -9.3750 \\ -1.1005 \\ 20.7051 \end{pmatrix}$$

El primer comentario que se puede destacar es que todas las variables explicativas, en mayor o menor medida, son relevantes a la hora de construir el modelo de regresión lineal múltiple.

Cada uno de estos coeficientes, multiplica el valor correspondiente a su variable explicativa, para definir así el valor de la variable dependiente, pero sin olvidarnos del error que ello conlleva, el cual obtendremos a partir de los residuos obtenidos, que en este caso son:

$$r = \begin{pmatrix} r_1 \\ r_2 \\ r_3 \\ r_4 \\ r_5 \\ r_6 \\ \dots \\ r_{57} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} -38.6180 \\ 14.2318 \\ 1.2101 \\ 51.3997 \\ 50.3894 \\ 24.7200 \\ \dots \\ 7.5047 \end{pmatrix}$$

Siendo:

$$\text{Media: } E(r) = -3.1787 e^{-15}$$

$$\text{Desviación típica: } \sigma(r) = 31.013$$

Como podemos observar con estos residuos obtenidos, no estamos ante un error nulo ni despreciable, sino ante un valor de cierta consideración que podrían llegar a influir en la falsa clasificación de una muestra en un nivel u otro de deshidratación.

Su media, es prácticamente cero, coincidiendo con su valor teórico.

Como último estadístico que vamos a tener en cuenta en esta regresión lineal múltiple va a ser el coeficiente de determinación, incluido en el último parámetro calculado:

$$\text{stats} = [0.3800 \quad 4.2899 \quad 9.1071e^{-4} \quad 1099.2]$$

En este caso es 0.3800, lo que indicaría una adecuación del modelo del 38%, no siendo todo lo óptimo que se desearía.

Con lo cual, resumiendo los datos obtenidos, no contaríamos con un modelo de regresión lineal múltiple óptimo, ya que no se adecua en demasía a los datos con los que contamos, y que además supone un error considerable a la hora de trabajar con él.

### **6.3.2.2 Segunda columna de Y**

Con los datos correspondientes a la segunda columna de la Y calculada en el capítulo anterior, y los mismos datos recogidos en el estudio, vamos a calcular los coeficientes y observar si suponen grandes diferencias o no a la hora de definir el modelo de regresión lineal múltiple.

Por tanto, los coeficientes obtenidos son:

$$b = \begin{pmatrix} b_0 \\ b_1 \\ b_2 \\ b_3 \\ b_4 \\ b_5 \\ b_6 \\ b_7 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} -115.1887 \\ 0.8263 \\ 1.5256 \\ -1.1190 \\ 16.2710 \\ 4.0801 \\ -0.2626 \\ 0.2106 \end{pmatrix}$$

Como primer comentario a destacar en esta ocasión es que en general, los coeficientes calculados tienen un menor peso en su mayoría, llegando a ser poco relevantes en los casos correspondientes a la edad y el género del individuo del estudio.

Como explicábamos anteriormente, los coeficientes multiplican a su correspondiente variable explicativa, para así definir a la variable dependiente. Y como todo modelo de regresión, lleva asociados unos residuos, que en esta ocasión son:

$$r = \begin{pmatrix} r_1 \\ r_2 \\ r_3 \\ r_4 \\ r_5 \\ r_6 \\ \dots \\ r_{57} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} -18.2451 \\ -5.7057 \\ 11.0789 \\ 6.6799 \\ 5.0361 \\ 1.6216 \\ \dots \\ -11.5776 \end{pmatrix}$$

Siendo:

$$\text{Media: } E(r) = 1.7203 e^{-14}$$

$$\text{Desviación típica: } \sigma(r) = 15.6034$$

En esta ocasión, volvemos a obtener un error no despreciable, pero notablemente inferior, a diferencia del caso anterior. A pesar de ser menor, no podemos olvidarnos de él a la hora de construir el modelo de regresión lineal múltiple, porque pueden condicionar y falsear la clasificación de las muestras a la hora de asignarlas a un nivel u otro dentro de la carta de color de la orina.

En esta ocasión la media tampoco es nula, pero también es un valor cercano a cero, por lo que no nos vamos a preocupar por ello demasiado.

Por último, vamos a tener en cuenta en esta regresión lineal múltiple, el coeficiente de determinación calculado, incluido en el último parámetro obtenido:

stats= [0.3184            3.2704            0.0063            278.2463]

En esta ocasión el modelo de regresión lineal múltiple propuesto se adecuaría un 31.84% a los datos del estudio, siendo algo inferior al calculado anteriormente, y volviendo a no ser todo lo deseado que se esperaría.

Resumiendo los resultados obtenidos con los datos de esta segunda columna de Y, contamos con un modelo que sólo se ajusta a los datos un 31.84%, pero que supone un error más deseable a la hora de trabajar con él. No obstante, los errores deben ser menor en este caso, ya que los datos de la segunda columna de la matriz calculada Y, los correspondientes al eje vertical de los diagramas de Voronoi, varían menos que los del eje horizontal, por tanto a menor variación, menor error.

### **6.3.2.3 Conclusiones**

Lo primero en lo que nos vamos a centrar es en cómo quedarían los modelos de regresión lineal múltiple para ambos casos.

Ya que todas las variables explicativas resultan relevantes, en mayor o menor medida, a la hora de construir el modelo, éste mismo quedaría de la siguiente forma cuando utilizamos los datos correspondientes a la primera columna de la matriz Y obtenida al calcular los diagramas de Voronoi, es decir, la perteneciente al eje horizontal:

$$\begin{aligned}deshidr = & 31.6829 + 0.1656 * hum + 1.8364 * temp + 82.7894 * act - 3.8775 * liq \\ & - 9.375 * recog - 1.1005 * edad + 20.7051 * sexo + 31.013\end{aligned}$$

Y de esta otra forma, cuando utilizamos los datos de la segunda columna de Y:

$$\begin{aligned}deshidr = & -115.1887 + 0.8263 * hum + 1.5256 * temp - 1.119 * act + 16.271 * liq \\ & + 4.0801 * recog - 0.2626 * edad + 0.2106 * sexo + 15.6034\end{aligned}$$

En segundo lugar, en cuanto a los errores obtenidos, podríamos decir que en ninguno de los casos se pueden considerar despreciables, sino que habría que considerarlos, ya que son valores que podrían complicar la clasificación, llevando a niveles erróneos de deshidratación o hidratación.

Para comprobar si puede llevar a confusión los errores obtenidos, vamos a representarlos en uno de los diagramas de Voronoi calculados anteriormente.



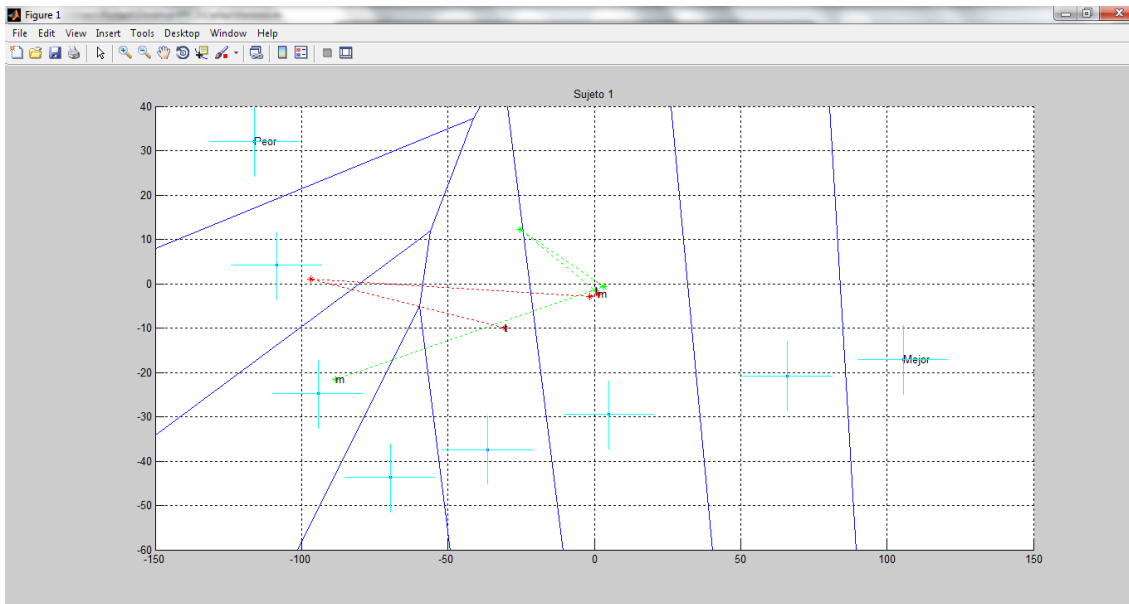


Figura 27. Errores cometidos para el modelo de regresión lineal múltiple en todos los niveles

Como podemos observar, en ninguno de los casos el error llevaría a estados de confusión entre un nivel u otro. No obstante, más adelante calcularemos la matriz de confusión para ver si realmente hay confusión con los niveles de hidratación o no.

Por último, refiriéndonos a los coeficientes de determinación estamos ante casos similares, un 38% de ajuste del modelo de regresión lineal múltiple a los datos recogidos en el estudio para el primer caso, y un 31.84% para el segundo.

Si bien habíamos comentado con anterioridad que el eje horizontal de los diagramas de Voronoi calculados parecía más determinante a la hora de la clasificación de las muestras del estudio, también la adecuación del modelo de regresión para este caso sería algo mejor. Por tanto seguiría teniendo más peso en el estudio realizado que el otro eje y sus valores calculados asociados.

Necesitaríamos un rango muestral mucho más amplio para poder obtener conclusiones más precisas, ya que con las muestras que tenemos, estos resultados no nos aportan mucha información concluyente.

## 6.4 REGRESIÓN LINEAL MÚLTIPLE PARA CADA SUJETO

### 6.4.1 Introducción

De forma análoga a cómo hemos calculado anteriormente las regresiones lineales múltiples para el conjunto de todos los datos, vamos a calcular las regresiones para cada uno de los sujetos del estudio, y así comparar los resultados obtenidos.

Como para cada sujeto, la edad y el sexo, serían variables que no aportarían información distinta dentro del propio modelo, no tendría sentido incluirlas dentro del modelo de regresión lineal múltiple; quedando el resto de variables predictivas de la misma forma que para el caso del modelo de regresión múltiple general:

$$deshidr = b_0 + b_1 * hum + b_2 * temp + b_3 * act + b_4 * líq + b_5 * recog + \varepsilon$$

### 6.4.2 Cálculo de los coeficientes y otros parámetros

Como ya tendríamos cómo quedaría el modelo de regresión lineal múltiple para cada sujeto del estudio, pasaríamos a calcular los coeficientes estimados para cada uno de los casos, así como otros valores de interés, de forma análoga al modelo de regresión lineal múltiple de todo el conjunto de datos, haciendo los cálculos por separado para cada una de las columnas de la matriz Y.

Para ello volvemos a utilizar la función "regress" de MATLAB <sup>[84]</sup>, quedando el código siguiente para uno de los casos:

```
% SUJETO #1

for b=a:muestrasacum(a)

    Y111(b)= Y(b,1); % Primera columna

    Y211(b)= Y(b,2); % Segunda columna

end

a=a+1; % Aumentamos el contador

for b=(muestrasacum(a-1)+1):(muestrasacum(a))

    Y112(d)= Y(b,1); % Primera columna

    Y212(d)= Y(b,2); % Segunda columna

d=d+1; % Aumentamos el contador

end
```

```

Y11=[Y111';Y112']; % Primera columna
Y21=[Y211';Y212']; % Segunda columna

X11=[1,1,1,1;66,82,70,60;18.5,15.7,19.5,18.5;0,0.5,0.25,0;1.7,1.7,1.7,1.7;4,4,4,4]';
X12=[1,1,1,1;65,67,73,66;18.5,19.5,14.4,18;0,0.25,0.25,0;1.5,1.5,1.5,1.5;4,4,4,4]';
X1=[X11;X12];

% Hacemos la regresión lineal y obtenemos los estadísticos correspondientes para la
% primera columna
[beta11,sigma11,resid11,rint11,stats11]=regress(Y11,X1);

% Hacemos la regresión lineal y obtenemos los estadísticos correspondientes para la
% segunda columna
[beta21,sigma21,resid21,rint21,stats21]=regress(Y21,X1);

```

## 6.5 RESULTADOS EN CADA SUJETO

En este apartado vamos a analizar detalladamente cada uno de los casos, así como los resultados obtenidos tras ejecutar el código anterior.

### 6.5.1 Sujeto #1

Para este caso, los valores correspondientes a las variables dependientes y explicativas son los que a continuación se detallan:

- Para la primera columna de Y:

Desh	Hum	Temp	act	líq	recog
Y	X1	X2	X3	X4	X5
-88.4549	66	18.5	0	1.7	4
3.2979	82	15.7	0.5	1.7	4
-25.4306	70	19.5	0.25	1.7	4
0.5631	60	18.5	0	1.7	4
1.1623	65	18.5	0	1.5	4
-1.6421	67	19.5	0.25	1.5	4
-96.6932	73	14.4	0.25	1.5	4
-30.6120	66	18	0	1.5	4

Tabla 28. Datos correspondientes del sujeto #1 para la primera columna de Y

Con estos datos, obtenemos los siguientes coeficientes y residuos:

$$b = \begin{pmatrix} b_0 \\ b_1 \\ b_2 \\ b_3 \\ b_4 \\ b_5 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0 \\ -2.2326 \\ 11.7067 \\ 159.4473 \\ -34.4327 \\ -13.7524 \end{pmatrix} \quad r = \begin{pmatrix} r_1 \\ r_2 \\ r_3 \\ r_4 \\ r_5 \\ r_6 \\ r_7 \\ r_8 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} -44.1342 \\ 36.3938 \\ -23.7482 \\ 31.4885 \\ 36.3640 \\ -13.5438 \\ -35.4957 \\ 12.6756 \end{pmatrix}$$

El primer comentario que se puede destacar es que todas las variables explicativas son relevantes en el modelo, a excepción del término constante que es nulo.

Con los residuos calculamos el error asociado al modelo:

$$\text{Media: } E(r) = -1.2879 e^{-14}$$

$$\text{Desviación típica: } \sigma(r) = 33.2828$$

Podemos comprobar que su media es prácticamente cero. Y en cuanto al error, no se puede considerar despreciable, es un error significativo.

Y el último estadístico que vamos a tener en cuenta en esta regresión lineal múltiple va a ser el coeficiente de determinación, incluido en el último parámetro calculado:

$$\text{stats} = [ 0.3375 \quad 0.3820 \quad 0.8123 \quad 2584.7 ]$$

En esta ocasión es 0.3375, lo que indicaría una adecuación del modelo del 33.75%, lo que supone un dato no muy bueno.

- Para la segunda columna de Y:

Desh	Hum	Temp	act	líq	Recog
Y	X1	X2	X3	X4	X5
-21.6129	66	18.5	0	1.7	4
-0.6845	82	15.7	0.5	1.7	4
12.2620	70	19.5	0.25	1.7	4
-1.6455	60	18.5	0	1.7	4
-2.4121	65	18.5	0	1.5	4
-2.9282	67	19.5	0.25	1.5	4
1.0297	73	14.4	0.25	1.5	4
-10.0062	66	18	0	1.5	4

Tabla 29. Datos correspondientes del sujeto #1 para la segunda columna de Y

En esta ocasión, los coeficientes y residuos obtenidos son los siguientes:

$$b = \begin{pmatrix} b_0 \\ b_1 \\ b_2 \\ b_3 \\ b_4 \\ b_5 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0 \\ -1.4402 \\ -0.2288 \\ 71.5509 \\ -5.9479 \\ 24.5003 \end{pmatrix} \quad r = \begin{pmatrix} r_1 \\ r_2 \\ r_3 \\ r_4 \\ r_5 \\ r_6 \\ r_7 \\ r_8 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} -10.2147 \\ -2.6590 \\ 11.7623 \\ 1.1114 \\ 6.3563 \\ -8.9382 \\ 2.4939 \\ 0.0880 \end{pmatrix}$$

Al igual que nos ha ocurrido en el caso anterior, sólo el término constante es nulo, quedando las mismas variables explicativas en el modelo de regresión lineal múltiple.

Y al igual que en el caso anterior, comprobamos que la media del error es prácticamente cero, y que no podemos considerar despreciable el valor obtenido del error:

$$\text{Media: } E(r) = 3.5527 e^{-13}$$

$$\text{Desviación típica: } \sigma(r) = 7.3438$$

Como último estadístico considerado, el coeficiente de determinación, incluido en el último parámetro calculado, obtenemos:

$$\text{stats} = [0.4208 \quad 0.5448 \quad 0.7191 \quad 125.8393]$$

Volvemos a obtener una adecuación del modelo a los datos de sólo el 42.08%.

Con lo cual, a modo de resumen de las muestras del primer individuo sometido al estudio, podemos suponer qué variables explicativas son relevantes en este modelo de regresión lineal múltiple y cuáles no, además de obtener errores considerables y ajustes del modelo de regresión con los datos no muy óptimas.

Quedando el modelo de regresión lineal múltiple, para la primera columna de Y:

$$deshidr = -2.2326 * hum + 11.7067 * temp + 159.4473 * act - 34.4327 * liq - 13.7524 * recog + 33.2828$$

y para la segunda columna de Y:

$$deshidr = -1.4402 * hum - 0.2288 * temp + 71.5509 * act - 5.9479 * liq + 24.5003 * recog + 7.3438$$

### 6.5.2 Sujeto #2

Pasaremos a obtener los valores correspondientes a las variables dependientes y explicativas para este segundo sujeto:

- Para la primera columna de Y:

desh	Hum	Temp	act	líq	Recog
Y	X1	X2	X3	X4	X5
-99.5769	67	18.5	0	1.7	7
-17.3960	66	19	0.25	1.7	7
-17.3216	82	15.7	0.5	1.7	7
-37.7508	68	19	0.25	1.7	7
-39.3864	67	19	0.5	1.7	7
26.4238	66	18.6	0.25	1.7	7
-23.6891	66	18.5	0	1.7	7
-2.1908	65	18.5	0	1	5
-12.5948	67	19.5	0.25	1	5
44.9577	73	14.4	0.25	1	5
47.3982	66	18.5	0.5	1	5
-6.9982	66	18	0	1	5

Tabla 30. Datos correspondientes del sujeto #2 para la primera columna de Y

Para este caso, los coeficientes y residuos obtenidos son los siguientes:

$$b = \begin{pmatrix} b_0 \\ b_1 \\ b_2 \\ b_3 \\ b_4 \\ b_5 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 819.2255 \\ -5.9393 \\ -19.8243 \\ 115.6389 \\ 0 \\ -15.0904 \end{pmatrix} \quad r = \begin{pmatrix} r_1 \\ r_2 \\ r_3 \\ r_4 \\ \dots \\ r_{12} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} -48.4850 \\ 8.7589 \\ 9.5327 \\ 0.2828 \\ \dots \\ -1.9385 \end{pmatrix}$$

En esta ocasión cambia el patrón anterior, el coeficiente nulo esta vez es el correspondiente a la variable explicativa de la cantidad de líquidos ingeridos, manteniéndose relevantes para el modelo el resto de variables explicativas.

Pasamos a calcular el error a partir de los residuos:

$$\text{Media: } E(r) = -9.9920 e^{-15}$$

$$\text{Desviación típica: } \sigma(r) = 24.1784$$

Seguimos encontrándonos con un error significativo, estamos ante un error que puede suponer el cambiar de un nivel a otro de deshidratación, algo no muy bueno para este modelo de regresión lineal múltiple.

Como último estadístico que vamos a considerar en esta ocasión, va a ser el coeficiente de determinación obtenido:

$$\text{stats} = [ 0.6355 \quad 3.0517 \quad 0.0942 \quad 918.6490 ]$$

Este modelo de regresión se adecua un 63.55%, lo que supone un dato bueno.

Con lo cual, resumiendo los datos obtenidos para el segundo sujeto del estudio, no contaríamos con un modelo de regresión lineal múltiple óptimo, ya que aunque se adecua un 63.55% a los datos, supone errores considerables.

- Para la segunda columna de Y:

desh	Hum	Temp	act	líq	recog
Y	X1	X2	X3	X4	X5
14.0129	67	18.5	0	1.7	7
22.7610	66	19	0.25	1.7	7
14.4597	82	15.7	0.5	1.7	7
14.9807	68	19	0.25	1.7	7
11.7034	67	19	0.5	1.7	7
-11.5695	66	18.6	0.25	1.7	7
23.0569	66	18.5	0	1.7	7
13.1546	65	18.5	0	1	5
-5.4869	67	19.5	0.25	1	5
-8.3251	73	14.4	0.25	1	5
-2.7820	66	18.5	0.5	1	5
-11.1163	66	18	0	1	5

Tabla 31. Datos correspondientes del sujeto #2 para la segunda columna de Y

Para esta segunda columna de Y, los coeficientes y residuos que hemos obtenido son:

$$b = \begin{pmatrix} b_0 \\ b_1 \\ b_2 \\ b_3 \\ b_4 \\ b_5 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} -158.0161 \\ 1.0259 \\ 3.1566 \\ -17.3878 \\ 0 \\ 6.6631 \end{pmatrix} \quad r = \begin{pmatrix} r_1 \\ r_2 \\ r_3 \\ r_4 \\ \dots \\ r_{12} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} -1.7422 \\ 10.8005 \\ 0.8491 \\ 0.9684 \\ \dots \\ -10.9410 \end{pmatrix}$$

Sigue sin variar la dinámica, seguimos obteniendo el coeficiente relativo a la variable explicativa de la cantidad de líquidos ingeridos nulo, manteniendo el resto de variables explicativas para el modelo de regresión lineal múltiple.

Los valores del error son:

$$\text{Media: } E(r) = -1.6727 e^{-14}$$

$$\text{Desviación típica: } \sigma(r) = 9.7449$$

Seguimos sin tener un valor pequeño o despreciable, estamos obteniendo un valor considerable para el error. Aunque sí es inferior al valor obtenido con esta columna de Y, respecto a la primera columna, no quiere decir que sea mucho mejor, por el hecho de que lo que varían los datos en el eje vertical es menor que lo que varían en el eje horizontal de Y, consecuentemente a menor variación, menor error.

En último lugar, obtenemos el siguiente coeficiente de determinación:

$$\text{stats} = [ 0.4465 \quad 1.4117 \quad 0.3233 \quad 149.2280 ]$$

En esta ocasión, la adecuación del modelo de regresión lineal es del 44.65%. Sigue siendo un valor bajo, incluso menor que el obtenido para la primera columna de Y.

Pasando a hacer un comentario más general para este caso, observamos que las variables explicativas relevantes para el modelo de regresión lineal múltiple son todas a excepción de la correspondiente a la cantidad de líquidos ingeridos por este sujeto en el estudio. En cuanto a los errores calculados, tienen valores altos que podrían suponer consecuencias no deseadas. Y por último, en cuanto al nivel de adecuación del modelo de regresión para estos datos, no estaríamos ante una mala adecuación del modelo.

Quedando el modelo de regresión lineal múltiple, para la primera columna de Y:

$$\text{deshidr} = 819.2255 - 5.9393 * \text{hum} - 19.8243 * \text{temp} + 115.6389 * \text{act} - 15.0904 * \text{recog} + 24.1784$$

Y para la segunda columna de Y:

$$\text{deshidr} = -158.0161 + 1.0259 * \text{hum} + 3.1566 * \text{temp} - 17.3878 * \text{act} + 6.6631 * \text{recog} + 9.7449$$



### 6.5.3 Sujeto #3

Ahora pasamos a calcular los valores correspondientes a estas variables dependientes y explicativas pertenecientes al tercer sujeto del estudio.

- Para la primera columna de Y:

Desh	Hum	temp	Act	Líq	recog
Y	X1	X2	X3	X4	X5
-29.0077	65	19	0	1.4	7
-28.2741	64	19.5	0.25	1.4	7
67.1584	67	19	0.25	1.4	7
65.6654	68	19	0.25	1.4	7
42.8075	70	19.5	0.25	1.4	7
32.1838	67	19	0.5	1.4	7
21.9212	66	18.5	0	1.4	7
-8.3100	65	18.5	0	1.5	7
63.3884	68	19	0.25	1.5	7
81.3047	67	19.5	0.5	1.5	7
-10.5896	67	19.5	0.25	1.5	7
5.6615	67	19	0.25	1.5	7
-16.1340	74	13	0.25	1.5	7
25.5459	68	18	0	1.5	7

Tabla 32. Datos correspondientes del sujeto #3 para la primera columna de Y

Partiendo de estos datos, obtenemos los siguientes coeficientes y residuos:

$$b = \begin{pmatrix} b_0 \\ b_1 \\ b_2 \\ b_3 \\ b_4 \\ b_5 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0 \\ 11.3645 \\ 18.6043 \\ 44.7717 \\ 1.2994 \\ -157.1090 \end{pmatrix} \quad r = \begin{pmatrix} r_1 \\ r_2 \\ r_3 \\ r_4 \\ \dots \\ r_{14} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} -23.2392 \\ -31.6362 \\ 39.0049 \\ 26.1474 \\ \dots \\ 16.3448 \end{pmatrix}$$

En cuanto a los coeficientes obtenidos volvemos a obtener la misma estructura que para el primer sujeto del estudio, el único valor nulo es para el término constante, quedando el resto de variables explicativas para el modelo de regresión lineal múltiple.

El error sería:

$$\text{Media: } E(r) = 1.7028 e^{-13}$$

$$\text{Desviación típica: } \sigma(r) = 27.9753$$

Aquí nos encontraríamos de nuevo con un error que no podemos despreciar, que habría que tener en cuenta para este modelo de regresión lineal múltiple.

En cuanto a la media del error, volvemos a comprobar que es un valor muy cercano a cero.

Y para el último estadístico calculado, hemos obtenido el siguiente coeficiente de determinación:

$$\text{stats} = [ 0.4517 \quad 1.8533 \quad 0.2030 \quad 1130.4 ]$$

En esta ocasión, nos indica una adecuación del modelo del 45.17%, un valor no muy bueno.

En cuanto a las variables explicativas que quedarían en este modelo de regresión no hay ninguna novedad a destacar. Los residuos sí son destacables, llevando a un error que habría que considerar, además de la poca adecuación del modelo propuesto a los datos del estudio.

- Para la segunda columna de Y:

Desh	Hum	temp	Act	líq	recog
Y	X1	X2	X3	X4	X5
17.0058	65	19	0	1.4	7
16.2696	64	19.5	0.25	1.4	7
2.3986	67	19	0.25	1.4	7
10.4056	68	19	0.25	1.4	7
27.1187	70	19.5	0.25	1.4	7
12.5331	67	19	0.5	1.4	7
-6.2205	66	18.5	0	1.4	7

Tabla 33. Datos correspondientes del sujeto #3 para la segunda columna de Y

Los coeficientes y residuos obtenidos para esta segunda columna de Y, son los siguientes:

$$b = \begin{pmatrix} b_0 \\ b_1 \\ b_2 \\ b_3 \\ b_4 \\ b_5 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0 \\ 1.6649 \\ 3.8301 \\ 6.0296 \\ 5.9044 \\ -26.0457 \end{pmatrix} \quad r = \begin{pmatrix} r_1 \\ r_2 \\ r_3 \\ r_4 \\ \dots \\ r_6 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 10.0669 \\ 7.5732 \\ -9.3775 \\ -3.0355 \\ \dots \\ 0.3754 \end{pmatrix}$$

Podemos observar que los coeficientes siguen manteniendo la misma estructura, nulo sólo el correspondiente a la variable explicativa del término constante.

En cuanto al error:

$$\text{Media: } E(r) = 6.9865 e^{-14}$$

$$\text{Desviación típica: } \sigma(r) = 6.4689$$

Aunque no es tan elevado como ocurría en el caso anterior, habría que tener cuidado con él, ya que al corresponder a los datos de la segunda columna de Y, aunque sea menor afecta más a ese eje.

Por último, pasamos a comentar el valor del estadístico correspondiente al coeficiente de determinación:

stats= [ 0.3862            1.4154            0.3045            60.4458]

Como ocurría en el caso anterior, obtenemos un valor no muy bueno, el modelo de regresión lineal múltiple en este caso se ajusta un 38.62%

El comentario que resume este apartado sería similar al caso anterior: se mantienen las mismas variables explicativas, el error debe ser considerado, y no se adecua bien este modelo de regresión a los datos que tenemos.

Quedando el modelo de regresión lineal múltiple, para la primera columna de Y:

$$deshidr = 11.3645 * hum + 18.6043 * temp + 44.7717 * act + 1.2994 * liq - 157.1090 * recog + 27.9753$$

Y para la segunda columna de Y:

$$deshidr = 1.6649 * hum + 3.8301 * temp + 6.0296 * act + 5.9044 * liq - 26.0457 * recog + 6.4689$$

### 6.5.4 Sujeto #4

Pasamos a calcular los coeficientes, residuos y coeficientes de determinación correspondientes a las siguientes variables explicativas y dependientes.

- Para la primera columna de Y:

desh	Hum	temp	act	Líq	recog
Y	X1	X2	X3	X4	X5
22.9249	56	19	0	1.8	4
17.0111	56.5	19	0.25	1.8	4
25.1675	56.5	19.5	0.25	1.8	4
29.6595	56	19	0	1.8	4
-59.9436	70	19	0	1.2	4
-9.5856	57	21	0.25	1.2	4
27.9078	42	23	0.25	1.2	4
14.7020	50	19	0	1.2	4

Tabla 34. Datos correspondientes del sujeto #4 para la primera columna

Empezamos obteniendo los siguientes coeficientes y residuos:

$$b = \begin{pmatrix} b_0 \\ b_1 \\ b_2 \\ b_3 \\ b_4 \\ b_5 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0 \\ -3.5248 \\ -2.4136 \\ -5.1740 \\ 52.5131 \\ 43.3403 \end{pmatrix} \quad r = \begin{pmatrix} r_1 \\ r_2 \\ r_3 \\ r_4 \\ r_5 \\ r_6 \\ r_7 \\ r_8 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} -1.7143 \\ -4.5722 \\ 1.2662 \\ 5.0203 \\ -3.7281 \\ 6.9286 \\ -3.6226 \\ 0.4221 \end{pmatrix}$$

Seguimos con la dinámica anterior de los coeficientes, sólo es nulo el coeficiente relativo al término constante.

Con los valores de los residuos calculamos el error asociado al modelo:

$$\text{Media: } E(r) = 2.5535 e^{-14}$$

$$\text{Desviación típica: } \sigma(r) = 4.2402$$

Hemos obtenido un valor relativamente pequeño del error, por tanto a priori el error no sería muy conflictivo. Además, podemos notar que la media es prácticamente nula, como teóricamente debería ser.

Para el coeficiente de determinación, hemos obtenido el siguiente valor:

$$\text{stats} = [ 0.9804 \quad 37.5845 \quad 0.0068 \quad 41.9517 ]$$

El modelo de regresión lineal múltiple en este caso se adecua a los datos que tenemos un 98.04%, un dato muy bueno de ajuste.

El número de coeficientes distintos de cero es el mismo que para los modelos de regresión de los sujetos #1 y #3. En cuanto al error tenemos buenos resultados, al igual que con el ajuste del modelo de regresión a nuestros datos.

Pero cabe recordar, que este era uno de los casos que sometimos a una segunda fase de recogida de muestras por la inconsistencia de sus valores.

- Para la segunda columna de Y:

desh	Hum	Temp	act	Líqu	recog
Y	X1	X2	X3	X4	X5
-24.5343	56	19	0	1.8	4
-22.3473	56.5	19	0.25	1.8	4
-27.2522	56.5	19.5	0.25	1.8	4
-19.8382	56	19	0	1.8	4
-19.4173	70	19	0	1.2	4
-12.5136	57	21	0.25	1.2	4
-17.1358	42	23	0.25	1.2	4
-18.6947	50	19	0	1.2	4

Tabla 35. Datos correspondientes del sujeto #4 para la segunda columna de Y

Con estos datos obtenemos los siguientes coeficientes y residuos:

$$b = \begin{pmatrix} b_0 \\ b_1 \\ b_2 \\ b_3 \\ b_4 \\ b_5 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0 \\ 0.0542 \\ 0.8758 \\ -1.3186 \\ -9.0270 \\ -6.7164 \end{pmatrix} \quad r = \begin{pmatrix} r_1 \\ r_2 \\ r_3 \\ r_4 \\ r_5 \\ r_6 \\ r_7 \\ r_8 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} -1.0966 \\ 1.3929 \\ -3.8957 \\ 3.5994 \\ -2.1548 \\ 4.0317 \\ -1.5289 \\ -0.3479 \end{pmatrix}$$

Volvemos a obtener el mismo resultado que para los datos de la primera columna de Y en cuanto a coeficientes.

Para estos valores, el error sería:

$$\text{Media: } E(r) = 4.4409 e^{-16}$$

$$\text{Desviación típica: } \sigma(r) = 2.7936$$

En cuanto al error estamos en la misma situación anterior, así que igualmente no nos vamos a preocupar por él.

Vamos a pasar a ver el valor del coeficiente de determinación obtenido en esta ocasión:

$$\text{stats} = [0.6222 \quad 1.2352 \quad 0.4489 \quad 18.2104]$$

En esta ocasión un 62.22% se adecua el modelo propuesto a los datos que tenemos, lo que supone un valor adecuado de ajuste.

El comentario general para este caso, similar al caso estudiado anteriormente, aporta un valor aceptable de adecuación, con un valor del error bajo, no preocupante.

Quedando el modelo de regresión lineal múltiple, para la primera columna de Y:

$$deshidr = -3.5248 * hum - 2.4136 * temp - 5.1740 * act + 52.5131 * liq + 43.3403 * recog + 4.2402$$

Y para la segunda columna de Y:

$$deshidr = 0.0542 * hum + 0.8758 * temp - 1.3186 * act - 9.0270 * liq - 6.7164 * recog + 2.7936$$

### 6.5.5 Sujeto #5

En esta ocasión, sólo contamos con datos de un día de recogida de muestras para el quinto sujeto del estudio.

- Para la primera columna de Y:

Desh	Hum	Temp	act	líq	Recog
Y	X1	X2	X3	X4	X5
-0.0317	58	20	0	1	4
8.2292	67	16.2	0.25	1	4
-5.2558	65	17	0.25	1	4
-28.4274	60	19	0.25	1	4

Tabla 36. Datos correspondientes del sujeto #5 para la primera columna de Y

Con estos datos, obtenemos los siguientes coeficientes y residuos:

$$b = \begin{pmatrix} b_0 \\ b_1 \\ b_2 \\ b_3 \\ b_4 \\ b_5 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0 \\ 2.3705 \\ -6.8759 \\ -162.2127 \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix} \quad r = \begin{pmatrix} r_1 \\ r_2 \\ r_3 \\ r_4 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} -1.7805 e^{-14} \\ 1.3514 \\ -1.8919 \\ 0.5406 \end{pmatrix}$$

Podemos destacar que nos encontramos con un caso donde los coeficientes nulos son más. Sólo se mantienen en el modelo los coeficientes correspondientes a las variables explicativas de la humedad relativa, la temperatura ambiente y el tipo de actividad física previa.

Pasamos a calcular el error:

$$\text{Media: } E(r) = 0.2703$$

$$\text{Desviación típica: } \sigma(r) = 1.3781$$

Podemos observar que el error obtenido es pequeño, por lo que no nos vamos a preocupar por él demasiado en la construcción del modelo de regresión lineal múltiple.

Por último nos vamos a fijar en el valor obtenido para el coeficiente de determinación:

$$\text{stats}=[0.9923 \quad 64.5322 \quad 0.0877 \quad 5.6978]$$

En este caso, sería un 99.23% lo que se ajusta este modelo propuesto para estos datos.

Resumiendo, se han reducido el número de variables explicativas relevantes para este modelo de regresión, el error obtenido es bueno, al igual que la adecuación de dicho modelo a nuestros datos.

- Para la segunda columna de Y:

desh	Hum	temp	act	líq	recog
Y	X1	X2	X3	X4	X5
-12.2610	58	20	0	1	4
-17.1391	67	16.2	0.25	1	4
-16.8844	65	17	0.25	1	4
5.7743	60	19	0.25	1	4

Tabla 37. Datos correspondientes del sujeto #5 para la segunda columna de Y

Los coeficientes y residuos que en esta ocasión hemos obtenido son:

$$b = \begin{pmatrix} b_0 \\ b_1 \\ b_2 \\ b_3 \\ b_4 \\ b_5 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0 \\ -1.7410 \\ 4.4358 \\ 99.2951 \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix} \quad r = \begin{pmatrix} r_1 \\ r_2 \\ r_3 \\ r_4 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 3.9080 e^{-14} \\ 2.8233 \\ -3.9526 \\ 1.1293 \end{pmatrix}$$

Al igual que hemos observado en el caso anterior de la primera columna de Y, los únicos coeficientes distintos a cero son los pertenecientes a las variables explicativas de la humedad relativa, la temperatura ambiente y la actividad física previa.

El error sería:

$$\text{Media: } E(r) = 0.5647$$

$$\text{Desviación típica: } \sigma(r) = 2.8792$$

Podemos apreciar que el valor obtenido es relativamente pequeño, aunque no tanto como en el caso anterior.

Como último estadístico a tener en cuenta en esta regresión lineal múltiple va a ser el coeficiente de determinación:

stats=[ 0.9294            6.5816            0.2657            24.8699]

Un 92.94% se puede considerar un muy buen valor de ajuste para este modelo propuesto y estos datos.

En esta ocasión, estamos ante un modelo de regresión lineal múltiple con sólo tres variables explicativas: la humedad relativa, la temperatura ambiente y la actividad física previa realizada. Con buenos niveles de adecuación en ambos casos, y con errores relativamente pequeños o incluso despreciables.

Quedando el modelo de regresión lineal múltiple, para la primera columna de Y:

$$deshidr = 2.3705 * hum - 6.8759 * temp - 162.2127 * act + 1.3781$$

Y para la segunda columna de Y:

$$deshidr = -1.741 * hum + 4.4358 * temp + 99.2951 * act + 2.8792$$

### 6.5.6 Sujeto #6

Para este último sujeto sometido al estudio, vamos a interpretar los mismos valores que en los casos anteriores, con sus correspondientes variables dependientes y explicativas.

- Para la primera columna de Y:

desh	Hum	temp	act	líq	recog
Y	X1	X2	X3	X4	X5
-22.7124	65	19	0	1.8	5
44.2041	68	19.5	0.25	1.8	5
8.7924	67	19.5	0.25	1.8	5
83.2573	72	14.2	0.5	1.8	5
-7.9532	67	18.5	0	1.8	5
0.8380	81	19	0	1.5	6
63.2367	74	19.5	0.25	1.5	6
9.5496	56	19.5	0.25	1.5	6
20.2207	57	18	0.5	1.5	6
39.0077	70	19.5	0.25	1.5	6
30.0340	77	18.5	0.25	1.5	6

Tabla 38. Datos correspondientes del sujeto #6 para la primera columna de Y



Para los datos de la primera columna de Y, obtenemos los siguientes coeficientes y residuos:

$$b = \begin{pmatrix} b_0 \\ b_1 \\ b_2 \\ b_3 \\ b_4 \\ b_5 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0 \\ 2.3524 \\ 1.8321 \\ 169.8482 \\ -51.3075 \\ -22.6451 \end{pmatrix} \quad r = \begin{pmatrix} r_1 \\ r_2 \\ r_3 \\ r_4 \\ \dots \\ r_{11} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} -4.8493 \\ 11.6319 \\ -21.4274 \\ 8.5236 \\ \dots \\ -14.6249 \end{pmatrix}$$

Volveríamos a recuperar el modelo de regresión obtenido en la mayoría de los casos, con el coeficiente no nulo perteneciente a las variable del término constante.

Calculamos el error:

$$\text{Media: } E(r) = -5.4906 e^{-14}$$

$$\text{Desviación típica: } \sigma(r) = 14.9652$$

Aunque no estamos ante un caso de error muy elevado, tampoco se puede considerar despreciable, puede influir a la hora de clasificar una muestra en un nivel erróneo.

A continuación, obtenemos el valor del coeficiente de determinación correspondiente a estos datos analizados:

$$\text{stats} = [ 0.7741 \quad 5.1393 \quad 0.0383 \quad 373.2625 ]$$

Para este caso, nuestro coeficiente de determinación es un 77.41%, lo que indica un nivel bueno de ajuste del modelo a los datos.

A pesar de tratarse de uno de los casos que sometimos a una segunda fase por la incongruencia de sus datos, en el caso de la construcción del modelo de regresión lineal múltiple no hemos notado ningún valor anómalo, sigue el mismo patrón que los obtenidos para la mayoría de los casos estudiados.

El modelo de regresión mantendría las mismas variables explicativas que la mayoría de los casos, un valor del error significativo y un nivel de adecuación del modelo propuesto apto para estos datos.

- Para la segunda columna de Y:

Desh	Hum	Temp	act	líq	recog
Y	X1	X2	X3	X4	X5
3.4533	65	19	0	1.8	5
-1.5151	68	19.5	0.25	1.8	5
64.2456	67	19.5	0.25	1.8	5
22.6596	72	14.2	0.5	1.8	5
73.9535	67	18.5	0	1.8	5
-2.8353	81	19	0	1.5	6
-8.6190	74	19.5	0.25	1.5	6
-1.8957	56	19.5	0.25	1.5	6
-16.3446	57	18	0.5	1.5	6
21.2941	70	19.5	0.25	1.5	6
5.4941	77	18.5	0.25	1.5	6

Tabla 39. Datos correspondientes del sujeto #6 para la segunda columna de Y

Obtenemos los coeficientes y los residuos siguientes:

$$b = \begin{pmatrix} b_0 \\ b_1 \\ b_2 \\ b_3 \\ b_4 \\ b_5 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0 \\ 0.1420 \\ 0.2796 \\ -26.3945 \\ 55.7358 \\ -15.4380 \end{pmatrix} \quad r = \begin{pmatrix} r_1 \\ r_2 \\ r_3 \\ r_4 \\ \dots \\ r_{11} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} -34.2277 \\ -33.1635 \\ 32.7393 \\ -1.4763 \\ \dots \\ 5.0056 \end{pmatrix}$$

Nada que destacar en este comentario, mismos coeficiente nulo que en casos anteriores, el correspondiente al término constante.

Calculamos el error asociado al modelo de regresión:

$$\text{Media: } E(r) = 3.5527 e^{-15}$$

$$\text{Desviación típica: } \sigma(r) = 23.2053$$

Ahora, tras obtener este valor, ya no podemos hablar de un valor pequeño ni despreciable, es un valor que puede suponer conflicto para el modelo, y más tratándose de los datos pertenecientes al eje vertical, como comentamos con anterioridad.

El último estadístico que vamos a tener en cuenta va a ser el coeficiente de determinación, incluido en el último parámetro calculado:

$$\text{stats} = [ 0.3765 \quad 0.9059 \quad 0.5161 \quad 897.4743 ]$$

En este caso un 37.65% supondría un mal ajuste del modelo de regresión lineal múltiple propuesto, al contrario que en el caso anterior, con los datos de la primera columna de Y.

Con lo cual, podríamos concluir que en esta ocasión, el modelo propuesto ni se ajusta bien a los datos, ni tiene buenos resultados con sus errores.

Quedando el modelo de regresión lineal múltiple, para la primera columna de Y:

$$\text{deshidr} = 2.3524 * \text{hum} + 1.8321 * \text{temp} + 169.8482 * \text{act} - 51.3075 * \text{liq} - 22.6451 * \text{recog} + 14.9652$$

Y para la segunda columna de Y:

$$\text{deshidr} = 0.142 * \text{hum} + 0.2796 * \text{temp} - 26.3945 * \text{act} + 55.7358 * \text{liq} - 15.438 * \text{recog} + 23.2053$$

### 6.5.7 Conclusiones

Lo primero que hay que destacar es el número de variables explicativas que nos quedarían en el modelo de regresión lineal múltiple propuesto para cada uno de los sujetos del estudio. Salvo en dos ocasiones que difieren las variables nulas, como ocurre para el sujeto #2 y para el sujeto #5, podríamos decir que para este modelo las variables más determinantes son: la humedad relativa, la temperatura ambiente, y la actividad física previa; y en la mayoría de los casos, el número de muestras recogidas durante un día y la cantidad de líquidos ingeridos.

Por tanto, podríamos hablar del siguiente modelo de regresión lineal múltiple:

$$\text{deshidr} = b_1 * \text{hum} + b_2 * \text{temp} + b_3 * \text{act} + b_4 * \text{liq} + b_5 * \text{recog} + \varepsilon$$

En segundo lugar, en cuanto a los errores obtenidos podríamos decir que en la mayoría de los casos no se pueden considerar pequeños ni despreciables, salvo en los casos de los sujetos #4 y #5 que en principio no se consideran conflictivos; pero en el resto de los casos habría que tenerlos muy en cuenta, ya que son valores que podrían complicar la clasificación, llevando a niveles erróneos de deshidratación o hidratación.

Por último, refiriéndonos al coeficiente de determinación no podríamos tener una conclusión clara, debido a la variabilidad de los resultados (muy buenos en algunos casos, y malos en otros).

Al igual que para el modelo de regresión lineal múltiple calculado para todo el conjunto de muestras, necesitaríamos un rango muestral mayor para poder obtener conclusiones más precisas.

## 6.6 MATRIZ DE CONFUSIÓN PARA TODOS LOS DATOS

Para visualizar si el modelo de regresión lineal múltiple calculado para el conjunto de todos los datos del estudio está confundiendo o no niveles de hidratación/deshidratación, vamos a utilizar una matriz de confusión.

Para poder trabajar con todos los datos necesarios para este tipo de matrices, primeramente necesitamos obtener los valores predichos de las muestras tras la aplicación del modelo de regresión lineal propuesto.

Para ello calculamos sus posiciones en los Diagramas de Voronoi anteriores, quedando las siguientes representaciones:

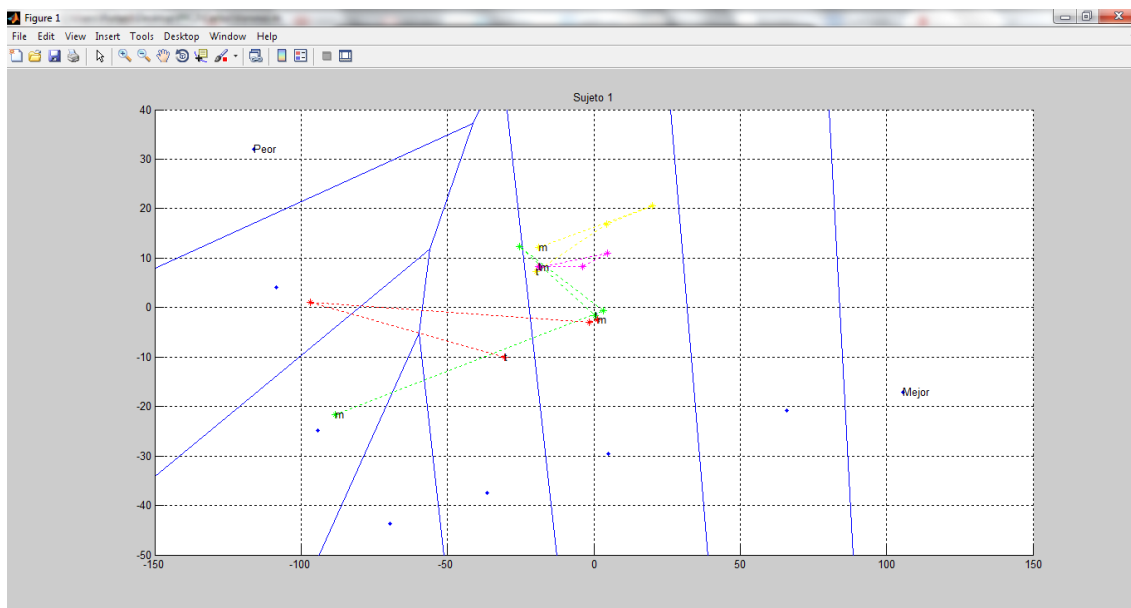


Figura 28. Muestras reales y predichas para el sujeto #1

Muestras medidas día 1 (verde)	Nivel 6	Nivel 3	Nivel 4	Nivel 3
Muestras predichas día 1 (amarillo)	Nivel 3	Nivel 3	Nivel 3	Nivel 3
Muestras medidas día 2 (rojo)	Nivel 3	Nivel 3	Nivel 7	Nivel 4
Muestras predichas día 2 (rosa)	Nivel 3	Nivel 3	Nivel 3	Nivel 3

Tabla 40. Niveles correspondientes a las muestras reales y predichas del Sujeto #1

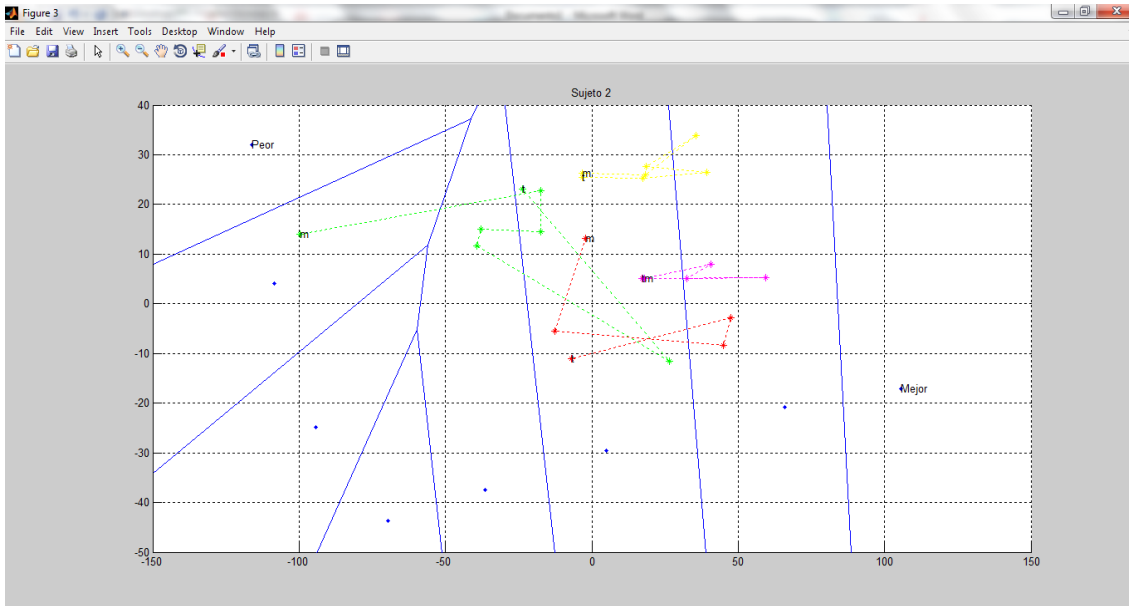


Figura 29. Muestras reales y predichas para el sujeto #2

Muestras medidas día 1 (verde)	Nivel 7	Nivel 3	Nivel 3	Nivel 4	Nivel 4	Nivel 3	Nivel 3
Muestras predichas día 1 (amarillo)	Nivel 3	Nivel 3	Nivel 2	Nivel 3	Nivel 2	Nivel 3	Nivel 3
Muestras medidas día 2 (rojo)	Nivel 3	Nivel 3	Nivel 2	Nivel 2	Nivel 3		
Muestras predichas día 2 (rosa)	Nivel 3	Nivel 2	Nivel 2	Nivel 2	Nivel 3		

Tabla 41. Niveles correspondientes a las muestras reales y predichas del Sujeto #2

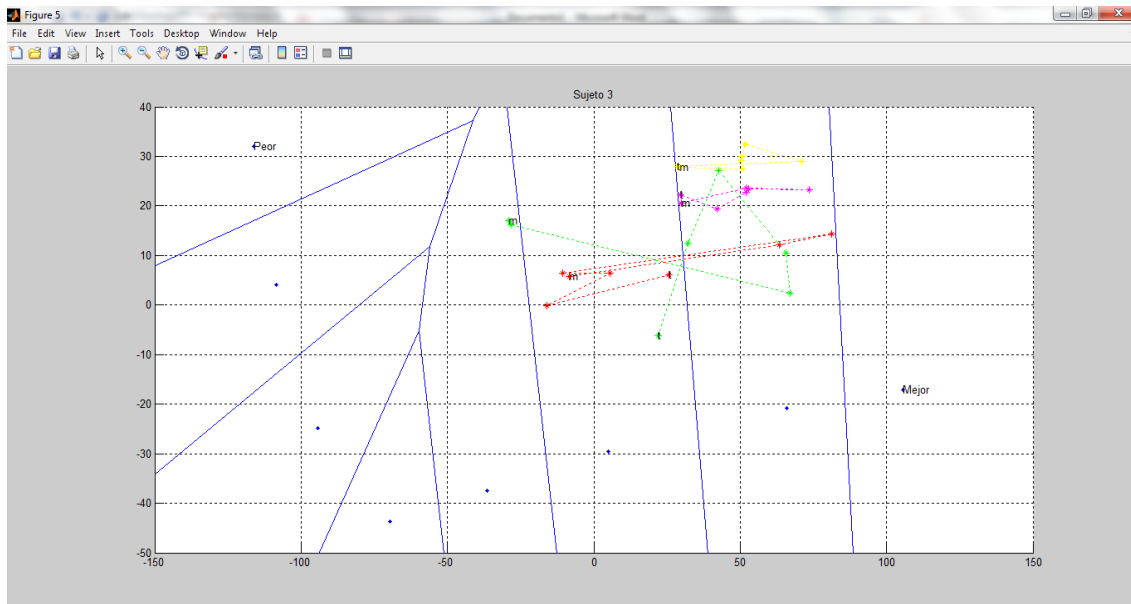


Figura 30. Muestras reales y predichas para el sujeto #3

Muestras medidas día 1 (verde)	Nivel 4	Nivel 4	Nivel 2	Nivel 2	Nivel 2	Nivel 2	Nivel 3
Muestras predichas día 1 (amarillo)	Nivel 2	Nivel 2	Nivel 2	Nivel 2	Nivel 2	Nivel 2	Nivel 2
Muestras medidas día 2 (rojo)	Nivel 3	Nivel 2	Nivel 2	Nivel 3	Nivel 3	Nivel 3	Nivel 3
Muestras predichas día 2 (rosa)	Nivel 2	Nivel 2	Nivel 2	Nivel 2	Nivel 2	Nivel 2	Nivel 2

Tabla 42. Niveles correspondientes a las muestras reales y predichas del Sujeto #3

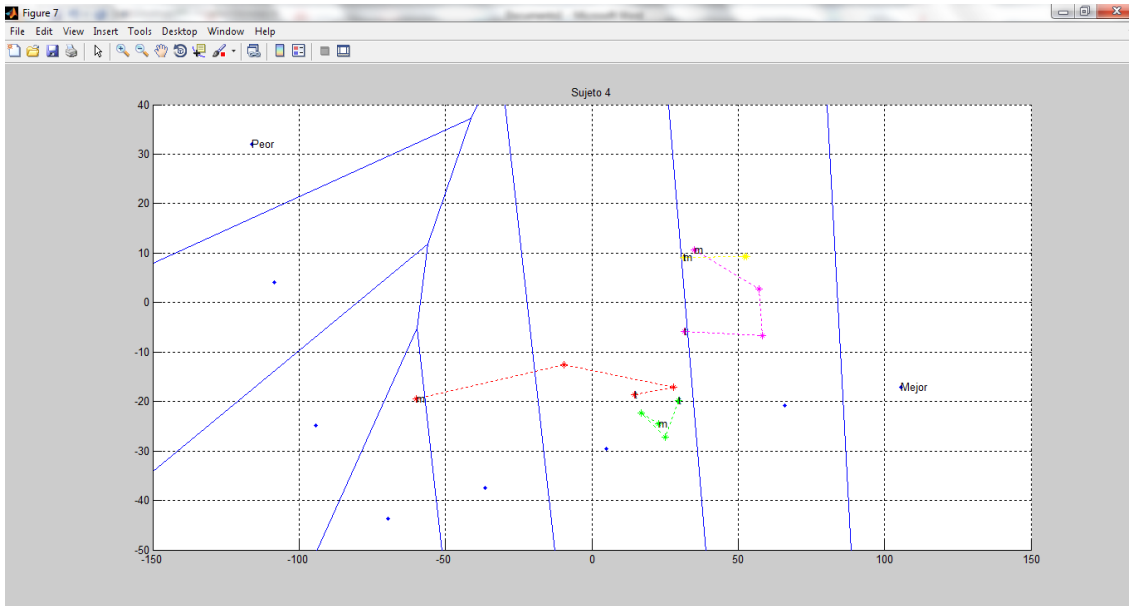


Figura 31. Muestras reales y predichas para el sujeto #4

Muestras medidas día 1 (verde)	Nivel 3	Nivel 3	Nivel 3	Nivel 3
Muestras predichas día 1 (amarillo)	Nivel 2	Nivel 2	Nivel 2	Nivel 2
Muestras medidas día 2 (rojo)	Nivel 5	Nivel 3	Nivel 3	Nivel 3
Muestras predichas día 2 (rosa)	Nivel 2	Nivel 2	Nivel 2	Nivel 3

Tabla 43. Niveles correspondientes a las muestras reales y predichas del Sujeto #4

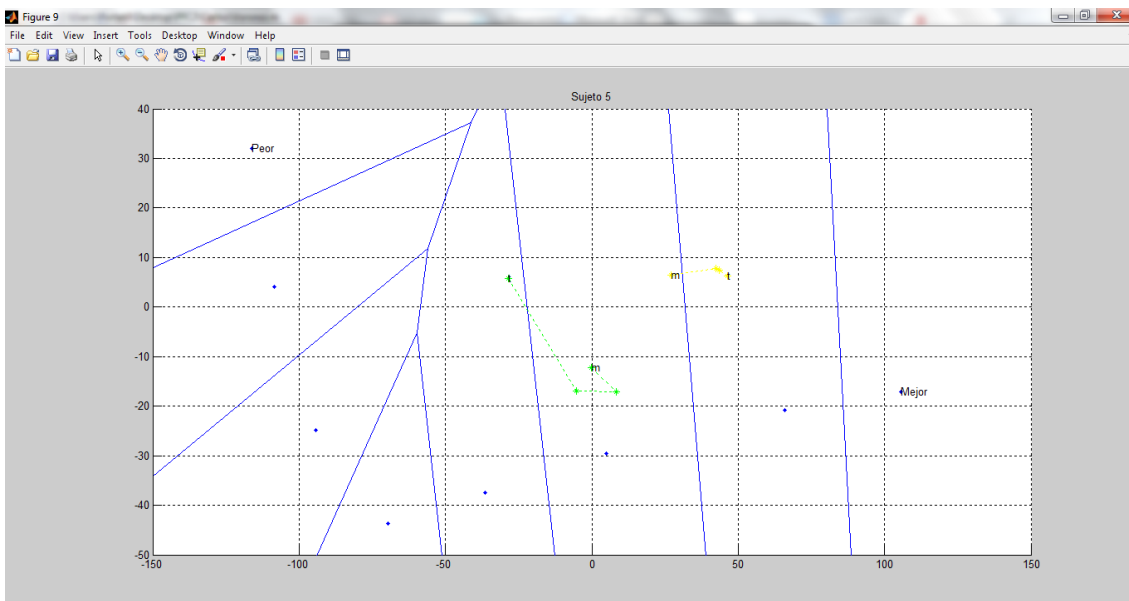


Figura 32. Muestras reales y predichas para el sujeto #5

Muestras medidas día 1 (verde)	Nivel 3	Nivel 3	Nivel 3	Nivel 4
Muestras predichas día 1 (amarillo)	Nivel 3	Nivel 2	Nivel 2	Nivel 2

Tabla 44. Niveles correspondientes a las muestras reales y predichas del Sujeto #5

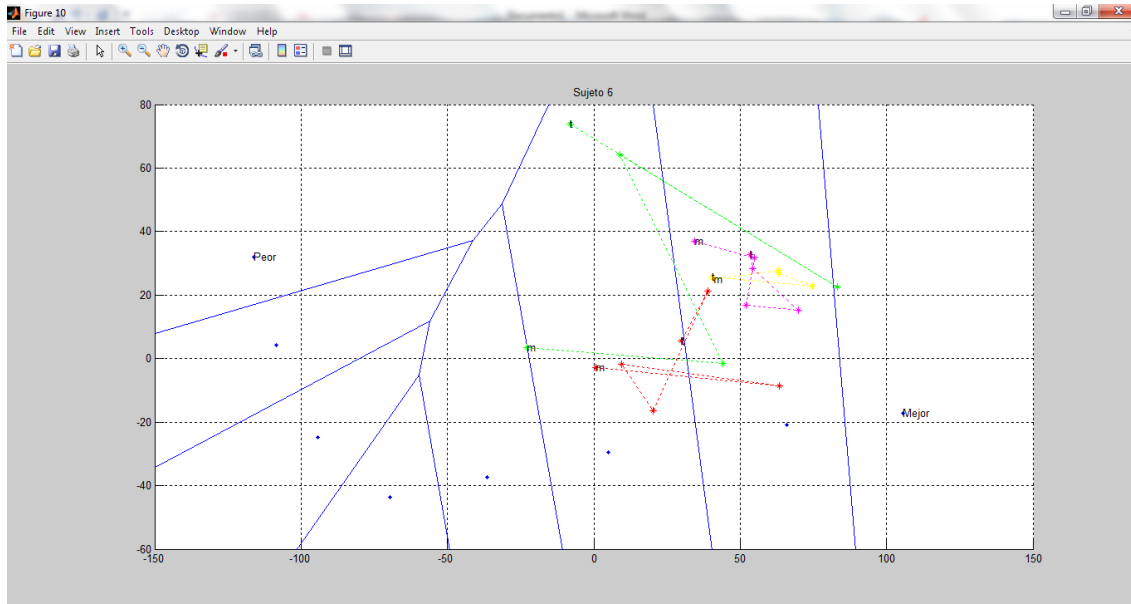


Figura 33. Muestras reales y predichas para el sujeto #6

Muestras medidas día 1 (verde)	Nivel 4	Nivel 2	Nivel 3	Nivel 1	Nivel 3	
Muestras predichas día 1 (amarillo)	Nivel 2	Nivel 2	Nivel 2	Nivel 2	Nivel 2	
Muestras medidas día 2 (rojo)	Nivel 3	Nivel 2	Nivel 3	Nivel 3	Nivel 2	Nivel 3
Muestras predichas día 2 (rosa)	Nivel 2	Nivel 2	Nivel 2	Nivel 2	Nivel 2	Nivel 2

Tabla 45. Niveles correspondientes a las muestras reales y predichas del Sujeto #6

### 6.6.1 Matriz de confusión de todos los niveles

Comprobando las posiciones de las nuevas muestras obtenidas con el modelo de regresión lineal múltiple calculado anteriormente, en comparación a las anteriores obtenemos la siguiente matriz de confusión<sup>[80]</sup>:



		NIVELES PREDICHOS POR REGRESIÓN							
		N1	N2	N3	N4	N5	N6	N7	N8
NIVELES REALES	N1	0	1	0	0	0	0	0	0
	N2	0	11	0	0	0	0	0	0
	N3	0	22	11	0	0	0	0	0
	N4	0	5	3	0	0	0	0	0
	N5	0	1	0	0	0	0	0	0
	N6	0	0	1	0	0	0	0	0
	N7	0	0	2	0	0	0	0	0
	N8	0	0	0	0	0	0	0	0

Tabla 46. Matriz de confusión con el número de muestras en cada nivel

### 6.6.2 Precisión obtenida

Partiendo de la matriz de confusión anterior, con todos los niveles de hidratación y deshidratación del estudio, obtenemos las siguientes variables, que nos ayudarán a calcular la precisión del modelo de regresión lineal múltiple propuesto para clasificar muestras.

- Para los niveles reales que fueron clasificados correctamente como esos niveles:

$$TP \text{ (True Positives)} = 11+11 = 22$$

- Para todos los niveles restantes, correctamente clasificados como no ese nivel:

$$TN \text{ (True Negatives)} = (11+3+1+2) + (1+11+5+1) = 35$$

- Para otros niveles que fueron etiquetados incorrectamente como esos niveles:

$$FP \text{ (False Positives)} = (1+22+5+1) + (3+1+2) = 35$$

- Para los niveles que fueron marcados incorrectamente como otros niveles:

$$FN \text{ (False Negatives)} = 0+22 = 22$$

Por tanto, pasaríamos a calcular la precisión (accuracy), que sería la proporción de los resultados verdaderos (verdaderos positivos y verdaderos negativos) en el conjunto de todos los datos <sup>[81]</sup>:

$$ACC = \frac{TP + TN}{(TP + FP) + (TN + FN)} = \frac{22 + 35}{(22 + 35) + (35 + 22)} = 0.5$$

Y la media armónica de precisión y sensibilidad (F1 score) <sup>[82]</sup>:

$$F1 = \frac{2 * TP}{(2 * TP + FP + FN)} = \frac{2 * 22}{(2 * 22 + 35 + 22)} = 0.43564$$

De estos resultados podemos sacar varias conclusiones:

- Todas las muestras calculadas predichas por el modelo de regresión están clasificadas en los niveles 2 y 3, por tanto vamos a proceder en el apartado siguiente a hacer grupos con varios niveles y volver a calcular su precisión.
- La precisión que hemos obtenido es sólo del 50%, dejándonos con un modelo de regresión lineal múltiple no muy bueno, que sólo es capaz de clasificar correctamente la mitad de las muestras.

Otra forma de ver el porcentaje de las muestras que están siendo bien clasificadas o no es la siguiente matriz de confusión:

		NIVELES PREDICHOS POR REGRESIÓN							
		N1	N2	N3	N4	N5	N6	N7	N8
NIVELES REALES	N1	0	2.5%	0	0	0	0	0	0
	N2	0	27.5%	0	0	0	0	0	0
	N3	0	55%	64.71%	0	0	0	0	0
	N4	0	12.5%	17.65%	0	0	0	0	0
	N5	0	2.5%	0	0	0	0	0	0
	N6	0	0	5.88%	0	0	0	0	0
	N7	0	0	11.76%	0	0	0	0	0
	N8	0	0	0	0	0	0	0	0

Tabla 47. Matriz de confusión con el porcentaje de muestras en cada nivel

Donde claramente podemos ver que el 64.71% de las muestras predichas calculadas para el nivel 3, están en el dicho nivel.

Sin embargo, para el nivel 2 no ocurre lo mismo, sólo estarían bien clasificadas un 27.5 %, confundiendo la mayoría, un 55%, al nivel 3.

### 6.6.3 Matriz de confusión agrupando niveles

Como ya hemos comentado, al observar que todas las muestras predichas calculadas se encuentran en los niveles 2 y 3, podríamos hablar de la agrupación de niveles a la hora de clasificar muestras. Es decir, podríamos plantear la posibilidad de trabajar con dos grupos: un primer grupo hidratado, que incluiría los niveles 1, 2 y 3; y un segundo grupo no hidratado, incluyendo los niveles 4, 5, 6, 7 y 8.

Para la agrupación de estos niveles obtendríamos una nueva matriz de confusión:

		NIVELES PREDICHOS POR REGRESIÓN	
		HIDRATADO	NO HIDRATADO
NIVELES REALES	HIDRATADO	45	0
	NO HIDRATADO	12	0

Tabla 48. Matriz de confusión con la agrupación de niveles

#### 6.6.4 Precisión obtenida

Partiendo ahora de la matriz de confusión con la agrupación de niveles en 'Hidratados' y 'No hidratados', obtenemos las siguientes variables, que nos ayudarán a calcular la precisión del modelo de regresión lineal múltiple propuesto para clasificar muestras.

- Para las muestras 'Hidratadas' que son clasificadas correctamente como 'Hidratadas':

$$TP \text{ (True Positives)} = 45$$

- Para las muestras 'No hidratadas', correctamente clasificados como 'No hidratadas':

$$TN \text{ (True Negatives)} = 0$$

- Para las muestras 'No hidratadas' que fueron etiquetados incorrectamente como 'Hidratadas':

$$FP \text{ (False Positives)} = 0$$

- Para las muestras 'Hidratadas' que fueron marcados incorrectamente como 'No hidratadas':

$$FN \text{ (False Negatives)} = 12$$

Por tanto, pasaríamos a calcular la nueva precisión (accuracy):

$$ACC = \frac{TP + TN}{(TP + FP) + (TN + FN)} = \frac{45 + 0}{(45 + 12) + (0 + 0)} = 0.7895$$

Y la media armónica de precisión y sensibilidad (F1 score):

$$F1 = \frac{2 * TP}{(2 * TP + FP + FN)} = \frac{2 * 45}{(2 * 45 + 12 + 0)} = 0.8823$$

De estos resultados, las conclusiones que ahora podemos sacar son:

- Al crear dos grupos, 'Hidratados' y 'No hidratados', hemos conseguido mejorar notablemente la precisión del método de regresión lineal múltiple a la hora de clasificar muestras, ya que ahora no hay distinciones entre los diferentes niveles, sólo la hay entre hidratación o deshidratación.

- La agrupación propuesta en grupos de 'Hidratados' y 'No hidratados' sería similar a la clasificación de la carta de color de la orina, propuesta en capítulos anteriores. Sólo difiere el nivel 4 que ahora pasaría al grupo de los 'No hidratados'.
- En esta ocasión, la precisión que hemos obtenido es del 0.7895 dejándonos con un modelo de regresión lineal múltiple bastante bueno, que sería capaz de clasificar correctamente el 78.95% de las muestras.

Con lo cual, gráficamente podríamos hablar de Diagramas de Voronoi de la siguiente apariencia:

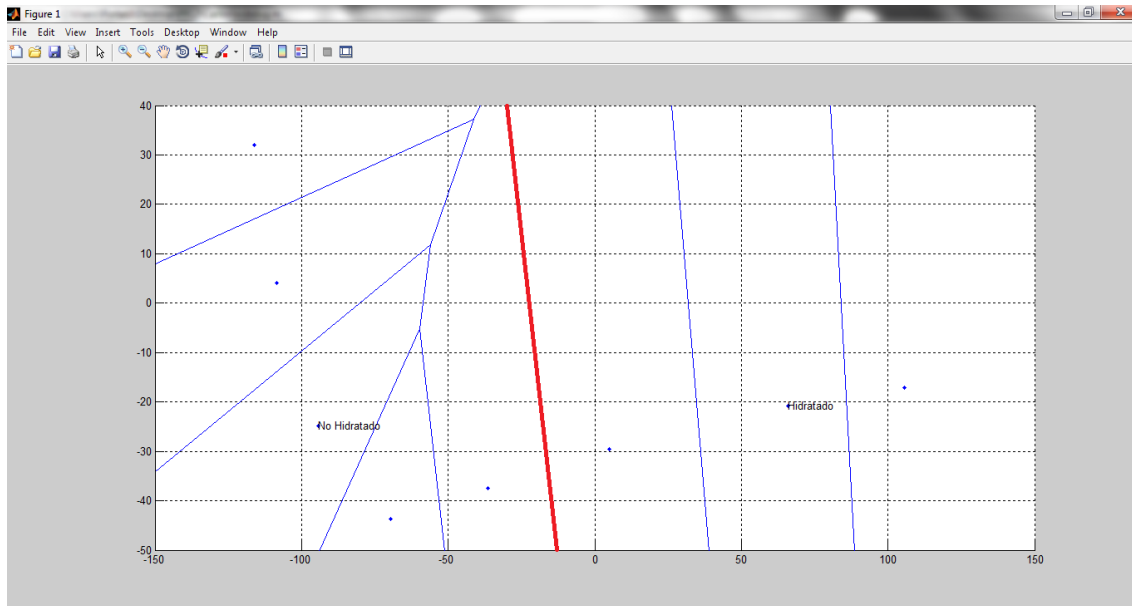


Figura 34. Diagrama de Voronoi con frontera entre los niveles 3 y 4

La frontera quedaría entre los niveles 3 y 4, para distinguir entre 'Hidratado' y 'No hidratado' a la hora de clasificar las muestras.

## 6.7 MATRIZ DE CONFUSIÓN PARA CADA SUJETO

De forma análoga al apartado anterior, vamos a calcular las matrices de confusión de cada uno de los sujetos del estudio para comprobar si individualmente estamos ante modelos de regresión lineal múltiple predecibles o no.

Para visualizar si los modelos de regresión lineal múltiple calculados para cada uno de los sujetos del estudio está confundiendo o no niveles de hidratación/deshidratación, vamos a utilizar una matriz de confusión en cada caso.

Como hicimos en el apartado anterior, para poder trabajar con todos los datos necesarios para este tipo de matrices, primeramente necesitamos obtener los valores predichos de las muestras tras la aplicación de los modelos de regresión lineal propuestos para cada caso.

Para ello calculamos sus posiciones en los Diagramas de Voronoi anteriores, quedando las siguientes representaciones:

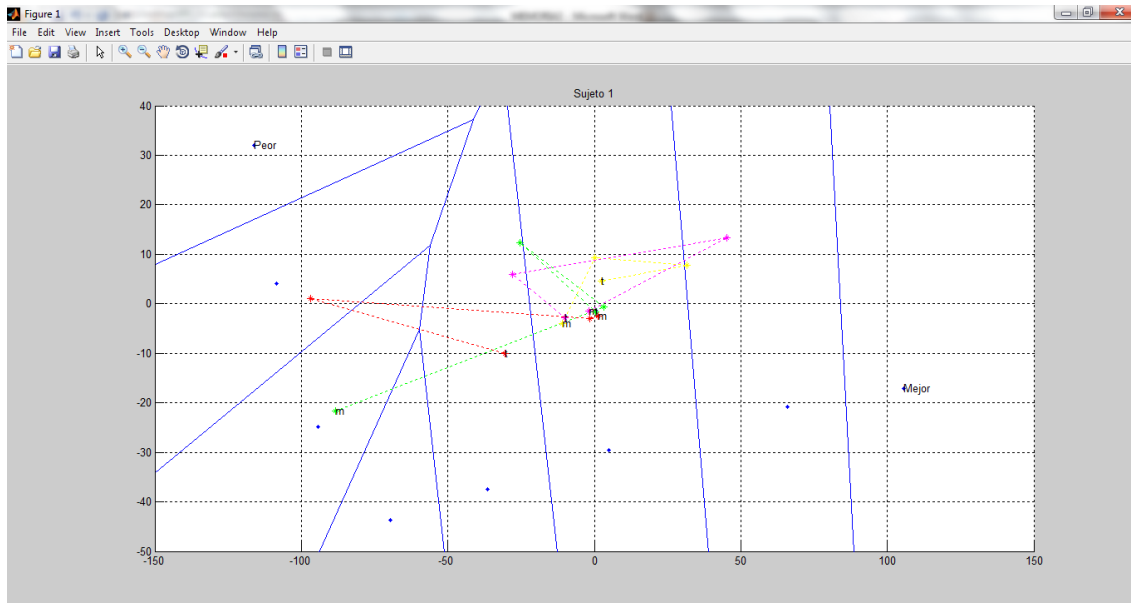


Figura 35. Muestras reales y predichas para el sujeto #1

Muestras medidas día 1 (verde)	Nivel 6	Nivel 3	Nivel 4	Nivel 3
Muestras predichas día 1 (amarillo)	Nivel 3	Nivel 3	Nivel 2	Nivel 3
Muestras medidas día 2 (rojo)	Nivel 3	Nivel 3	Nivel 7	Nivel 4
Muestras predichas día 2 (rosa)	Nivel 3	Nivel 2	Nivel 4	Nivel 3

Tabla 49. Niveles correspondientes a las muestras reales y predichas del Sujeto #1

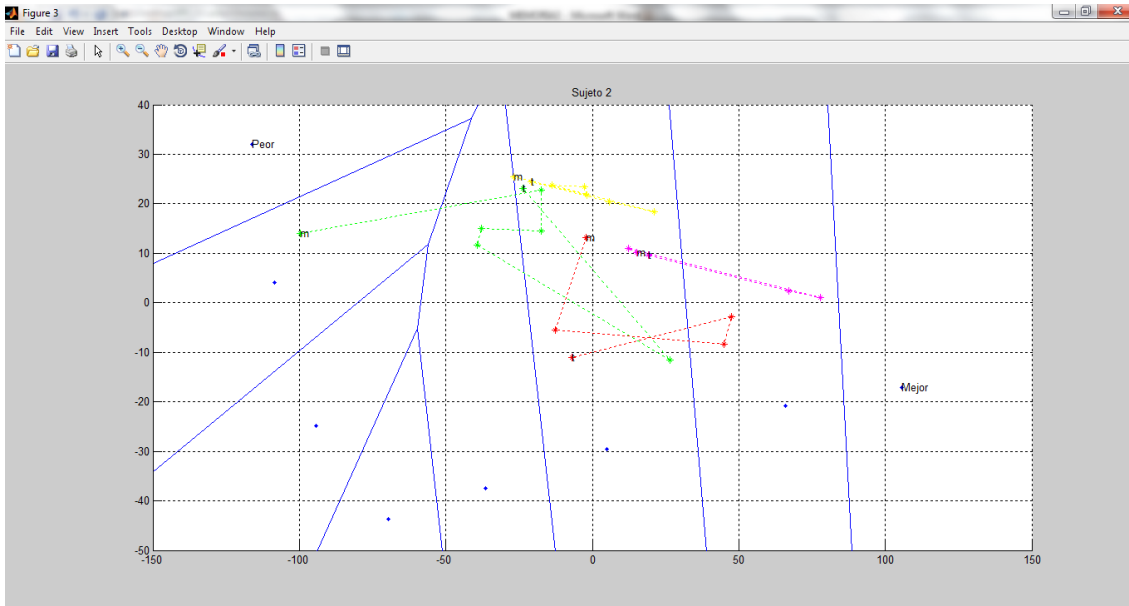


Figura 36. Muestras reales y predichas para el sujeto #2

Muestras medidas día 1 (verde)	Nivel 7	Nivel 3	Nivel 3	Nivel 4	Nivel 4	Nivel 3	Nivel 3
Muestras predichas día 1 (amarillo)	Nivel 4	Nivel 3	Nivel 3	Nivel 3	Nivel 3	Nivel 3	Nivel 3
Muestras medidas día 2 (rojo)	Nivel 3	Nivel 3	Nivel 2	Nivel 2	Nivel 3		
Muestras predichas día 2 (rosa)	Nivel 3	Nivel 3	Nivel 2	Nivel 2	Nivel 3		

Tabla 50. Niveles correspondientes a las muestras reales y predichas del Sujeto #2

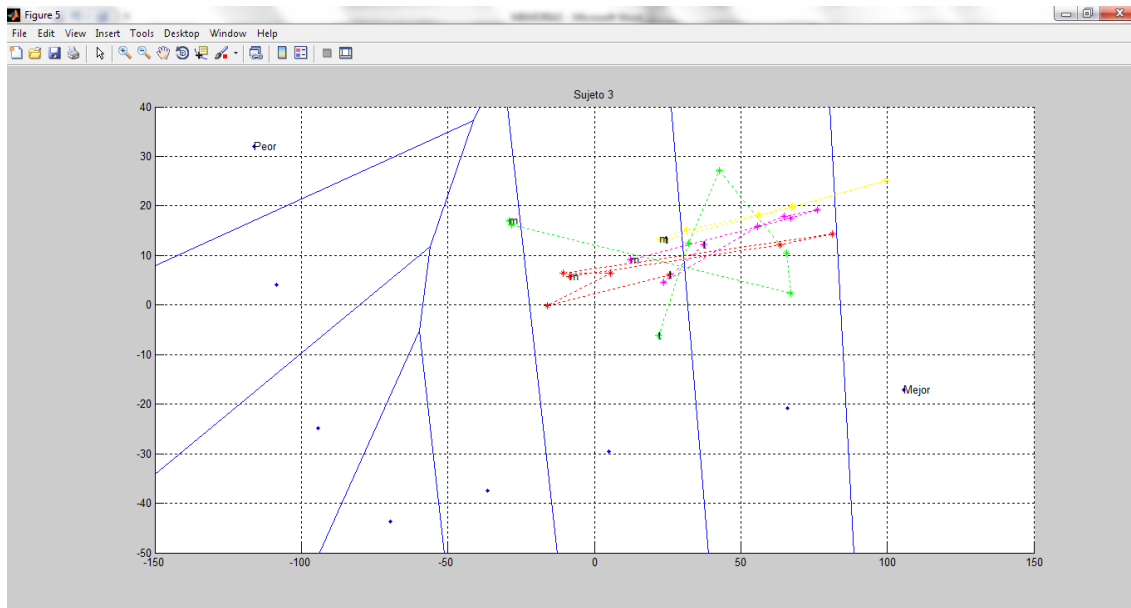


Figura 37. Muestras reales y predichas para el sujeto #3

Muestras medidas día 1 (verde)	Nivel 4	Nivel 4	Nivel 2	Nivel 2	Nivel 2	Nivel 2	Nivel 3
Muestras predichas día 1 (amarillo)	Nivel 3	Nivel 2	Nivel 2	Nivel 2	Nivel 1	Nivel 2	Nivel 3
Muestras medidas día 2 (rojo)	Nivel 3	Nivel 2	Nivel 2	Nivel 3	Nivel 3	Nivel 3	Nivel 3
Muestras predichas día 2 (rosa)	Nivel 3	Nivel 2	Nivel 2	Nivel 2	Nivel 2	Nivel 3	Nivel 2

Tabla 51. Niveles correspondientes a las muestras reales y predichas del Sujeto #3

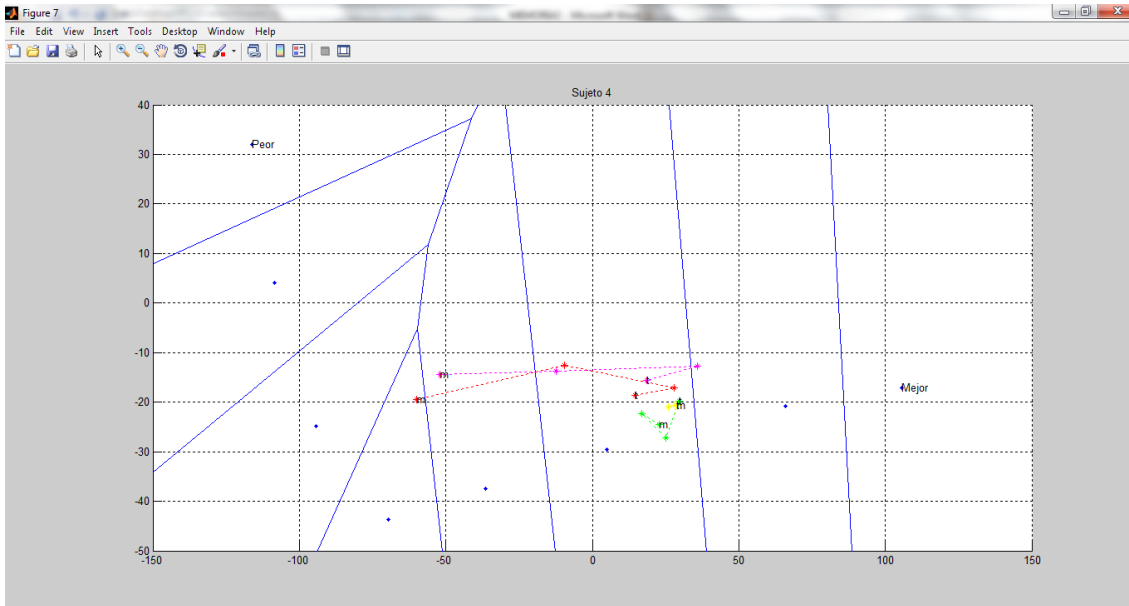


Figura 38. Muestras reales y predichas para el sujeto #4

Muestras medidas día 1 (verde)	Nivel 3	Nivel 3	Nivel 3	Nivel 3
Muestras predichas día 1 (amarillo)	Nivel 2	Nivel 2	Nivel 2	Nivel 2
Muestras medidas día 2 (rojo)	Nivel 5	Nivel 3	Nivel 3	Nivel 3
Muestras predichas día 2 (rosa)	Nivel 2	Nivel 2	Nivel 2	Nivel 3

Tabla 52. Niveles correspondientes a las muestras reales y predichas del Sujeto #4

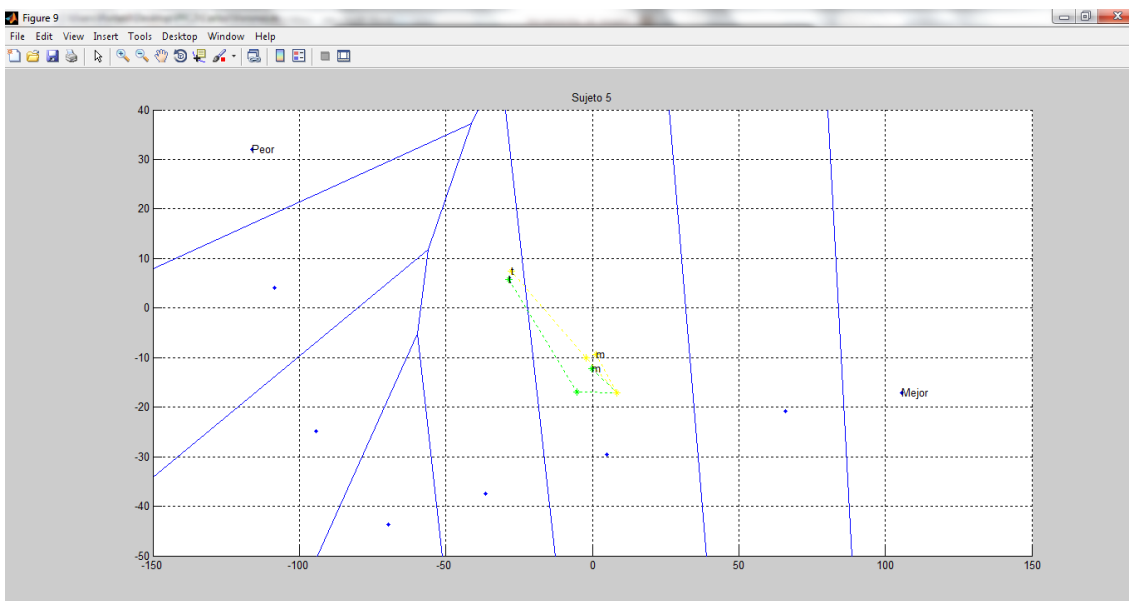


Figura 39. Muestras reales y predichas para el sujeto #5



Muestras medidas día 1 (verde)	Nivel 3	Nivel 3	Nivel 3	Nivel 4
Muestras predichas día 1 (amarillo)	Nivel 3	Nivel 3	Nivel 3	Nivel 4

Tabla 53. Niveles correspondientes a las muestras reales y predichas del Sujeto #5

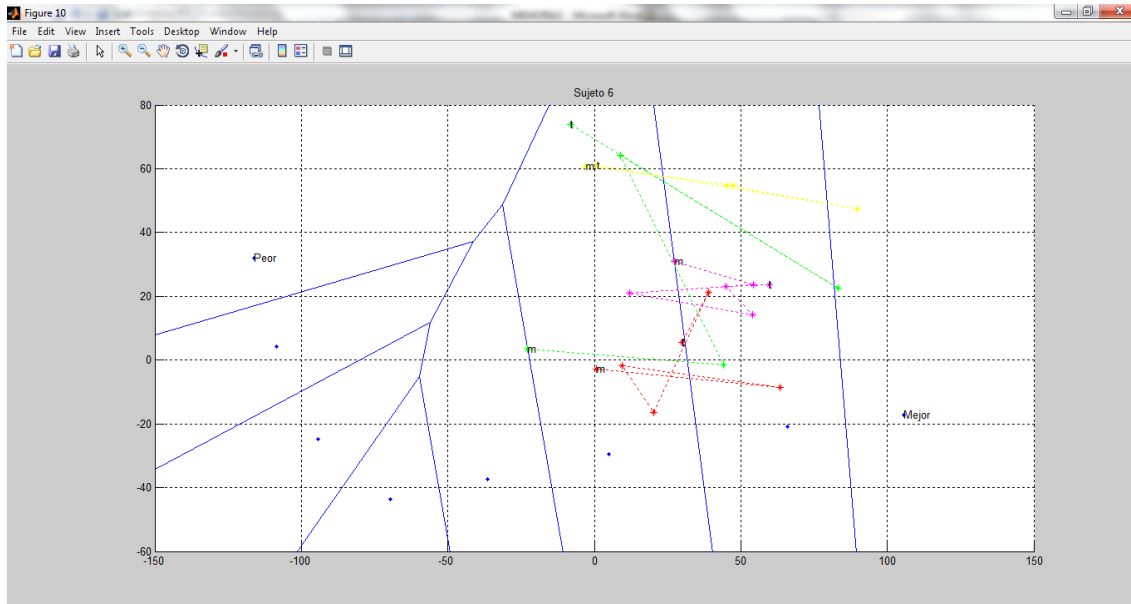


Figura 40. Muestras reales y predichas para el sujeto #6

Muestras medidas día 1 (verde)	Nivel 4	Nivel 2	Nivel 3	Nivel 1	Nivel 3	
Muestras predichas día 1 (amarillo)	Nivel 3	Nivel 2	Nivel 2	Nivel 1	Nivel 3	
Muestras medidas día 2 (rojo)	Nivel 3	Nivel 2	Nivel 3	Nivel 3	Nivel 2	Nivel 3
Muestras predichas día 2 (rosa)	Nivel 3	Nivel 2	Nivel 3	Nivel 2	Nivel 2	Nivel 2

Tabla 54. Niveles correspondientes a las muestras reales y predichas del Sujeto #6

### 6.7.1 Matriz de confusión del Sujeto #1

Obtenemos la siguiente matriz de confusión:

		NIVELES PREDICHOS POR REGRESIÓN							
		N1	N2	N3	N4	N5	N6	N7	N8
NIVELES REALES	N1	0	0	0	0	0	0	0	0
	N2	0	0	0	0	0	0	0	0
	N3	0	1	3	0	0	0	0	0
	N4	0	1	1	0	0	0	0	0
	N5	0	0	0	0	0	0	0	0
	N6	0	0	1	0	0	0	0	0
	N7	0	0	0	1	0	0	0	0
	N8	0	0	0	0	0	0	0	0

Tabla 55. Matriz de confusión para el Sujeto #1

Partiendo de esta matriz de confusión, obtenemos las siguientes variables:

$$TP = 0+3+0 = 3$$

$$TN = (3+1+1+1) + (1+1) + (1+3+1) = 13$$

$$FP = (1+1) + (1+1) + 1 = 5$$

$$FN = 0+1+ (1+1) = 3$$

Por tanto, pasaríamos a calcular la precisión del modelo:

$$ACC = \frac{TP + TN}{(TP + FP) + (TN + FN)} = \frac{3 + 13}{(3 + 5) + (13 + 3)} = 0.6667$$

Y la media armónica de precisión y sensibilidad correspondiente:

$$F1 = \frac{2 * TP}{(2 * TP + FP + FN)} = \frac{2 * 3}{(2 * 3 + 5 + 3)} = 0.4286$$

Podemos comprobar que para el caso del primer sujeto del estudio obtenemos una precisión del modelo mejor que la del caso general, con una media armónica de precisión y sensibilidad ligeramente inferior.

### 6.7.2 Matriz de confusión del Sujeto #2

Para el segundo sujeto del estudio obtenemos la siguiente matriz de confusión:

		NIVELES PREDICHOS POR REGRESIÓN							
		N1	N2	N3	N4	N5	N6	N7	N8
NIVELES REALES	N1	0	0	0	0	0	0	0	0
	N2	0	2	0	0	0	0	0	0
	N3	0	0	7	0	0	0	0	0
	N4	0	0	2	0	0	0	0	0
	N5	0	0	0	0	0	0	0	0
	N6	0	0	0	0	0	0	0	0
	N7	0	0	0	1	0	0	0	0
	N8	0	0	0	0	0	0	0	0

Tabla 56. Matriz de confusión para el Sujeto #2

A partir de esta matriz de confusión, obtenemos las siguientes variables:

$$TP = 2+7 = 9$$

$$TN = (7+2+1) + (2+1) + (2+7) = 22$$

$$FP = 0+2+1 = 3$$

$$FN = 0+0+2 = 2$$

Por tanto, calculamos la precisión:

$$ACC = \frac{TP + TN}{(TP + FP) + (TN + FN)} = \frac{9 + 22}{(9 + 3) + (22 + 2)} = 0.8611$$

Y la media armónica de precisión y sensibilidad correspondiente:

$$F1 = \frac{2 * TP}{(2 * TP + FP + FN)} = \frac{2 * 9}{(2 * 9 + 3 + 2)} = 0.7826$$

En este caso podríamos hablar de una notable mejoría en los datos obtenidos, ya que tiene una precisión del 86.11% a la hora de clasificar las muestras, y una media armónica de precisión y sensibilidad de 0.7826.

### 6.7.3 Matriz de confusión del Sujeto #3

La matriz de confusión obtenida para este sujeto es:

		NIVELES PREDICHOS POR REGRESIÓN							
		N1	N2	N3	N4	N5	N6	N7	N8
NIVELES REALES	N1	0	0	0	0	0	0	0	0
	N2	1	5	0	0	0	0	0	0
	N3	0	3	3	0	0	0	0	0
	N4	0	1	1	0	0	0	0	0
	N5	0	0	0	0	0	0	0	0
	N6	0	0	0	0	0	0	0	0
	N7	0	0	0	0	0	0	0	0
	N8	0	0	0	0	0	0	0	0

Tabla 57. Matriz de confusión para el Sujeto #3

Partiendo de esta matriz de confusión, obtenemos las siguientes variables:

$$TP = 0+5+3 = 8$$

$$TN = (5+3+1+3+1) + (3+1) + (1+5+1) = 24$$

$$FP = 1+ (3+1) + 1 = 6$$

$$FN = 0+1+3 = 4$$

Calculamos la precisión del modelo con estas variables:

$$ACC = \frac{TP + TN}{(TP + FP) + (TN + FN)} = \frac{8 + 24}{(8 + 6) + (24 + 4)} = 0.7619$$

Y la media armónica de precisión y sensibilidad correspondiente:

$$F1 = \frac{2 * TP}{(2 * TP + FP + FN)} = \frac{2 * 8}{(2 * 8 + 6 + 4)} = 0.6154$$

Volvemos a obtener unos valores mejores que para el caso general, ya que su nivel de precisión es del 76.19%, y su media armónica de precisión y sensibilidad es de 0.6154.

### 6.7.4 Matriz de confusión del Sujeto #4

La matriz de confusión obtenida para el cuarto sujeto del estudio es:

		NIVELES PREDICHOS POR REGRESIÓN							
		N1	N2	N3	N4	N5	N6	N7	N8
NIVELES REALES	N1	0	0	0	0	0	0	0	0
	N2	0	0	0	0	0	0	0	0
	N3	0	1	6	0	0	0	0	0
	N4	0	0	0	0	0	0	0	0
	N5	0	0	0	1	0	0	0	0
	N6	0	0	0	0	0	0	0	0
	N7	0	0	0	0	0	0	0	0
	N8	0	0	0	0	0	0	0	0

Tabla 58. Matriz de confusión para el Sujeto #4

Partiendo de esta matriz de confusión, obtenemos las siguientes variables:

$$TP = 0+6+0 = 6$$

$$TN = (6+1) + 1 + (1+6) = 15$$

$$FP = 1+0+1 = 2$$

$$FN = 0+1+0 = 1$$

Por tanto, pasaríamos a calcular la precisión como:

$$ACC = \frac{TP + TN}{(TP + FP) + (TN + FN)} = \frac{6 + 15}{(6 + 2) + (15 + 1)} = 0.875$$

Y la media armónica de precisión y sensibilidad correspondiente:

$$F1 = \frac{2 * TP}{(2 * TP + FP + FN)} = \frac{2 * 6}{(2 * 6 + 2 + 1)} = 0.8$$

Podemos observar, que para este sujeto, el modelo de regresión lineal múltiple propuesto clasifica las muestras con una precisión del 87.5%, y además su media armónica de precisión y sensibilidad es de 0.8.

### 6.7.5 Matriz de confusión del Sujeto #5

Obtenemos la siguiente matriz de confusión para este sujeto:

		NIVELES PREDICHOS POR REGRESIÓN							
		N1	N2	N3	N4	N5	N6	N7	N8
NIVELES REALES	N1	0	0	0	0	0	0	0	0
	N2	0	0	0	0	0	0	0	0
	N3	0	0	3	0	0	0	0	0
	N4	0	0	0	1	0	0	0	0
	N5	0	0	0	0	0	0	0	0
	N6	0	0	0	0	0	0	0	0
	N7	0	0	0	0	0	0	0	0
	N8	0	0	0	0	0	0	0	0

Tabla 59. Matriz de confusión para el Sujeto #5

De la cual obtenemos las siguientes variables:

$$TP = 3+1 = 4$$

$$TN = 1+3 = 4$$

$$FP = 0+0 = 0$$

$$FN = 0+0 = 0$$

Con estos valores, pasaríamos a calcular la precisión:

$$ACC = \frac{TP + TN}{(TP + FP) + (TN + FN)} = \frac{4 + 4}{(4 + 0) + (4 + 0)} = 1$$

Y la media armónica de precisión y sensibilidad correspondiente:

$$F1 = \frac{2 * TP}{(2 * TP + FP + FN)} = \frac{2 * 4}{(2 * 4 + 0 + 0)} = 1$$

En esta ocasión, obtenemos una precisión del modelo de regresión lineal múltiple a la hora de clasificar muestras del 100%, es decir, todas las muestras predichas por el modelo han sido clasificadas en los niveles correspondientes.

### 6.7.6 Matriz de confusión del Sujeto #6

Para el último sujeto del estudio, la matriz de confusión obtenida es:

		NIVELES PREDICHOS POR REGRESIÓN							
		N1	N2	N3	N4	N5	N6	N7	N8
NIVELES REALES	N1	1	0	0	0	0	0	0	0
	N2	0	3	0	0	0	0	0	0
	N3	0	3	3	0	0	0	0	0
	N4	0	0	1	0	0	0	0	0
	N5	0	0	0	0	0	0	0	0
	N6	0	0	0	0	0	0	0	0
	N7	0	0	0	0	0	0	0	0
	N8	0	0	0	0	0	0	0	0

Tabla 60. Matriz de confusión para el Sujeto #6

A partir de esta matriz de confusión, obtenemos las siguientes variables:

$$TP = 1+3+3 = 7$$

$$TN = (3+3+3+1) + (1+3+1) + (1+3) = 18$$

$$FP = 0+3+1 = 4$$

$$FN = 0+0+3 = 3$$

Por tanto, pasaríamos a calcular la precisión del modelo:

$$ACC = \frac{TP + TN}{(TP + FP) + (TN + FN)} = \frac{7 + 18}{(7 + 4) + (18 + 3)} = 0.78125$$

Y la media armónica de precisión y sensibilidad correspondiente:

$$F1 = \frac{2 * TP}{(2 * TP + FP + FN)} = \frac{2 * 7}{(2 * 7 + 4 + 3)} = 0.6667$$

Con lo cual, volvemos a obtener mejores resultados que para el caso general. Siendo la precisión obtenida para el modelo de regresión lineal múltiple calculada superior a 0.5 , al igual que la media armónica de precisión y sensibilidad.

### 6.7.7 Conclusiones

De estos resultados podemos sacar varias conclusiones:

- Ya no sólo se han obtenido muestras clasificadas en los niveles 2 y 3, como para el caso general; sino que calculando las muestras con los modelos de regresión lineal múltiple para cada sujeto del estudio por separado, hemos podido obtener una mejoría en la clasificación de las muestras predichas por los modelos. Ahora hemos obtenido muestras tanto en los niveles 1, 2, 3, como 4.
- La precisión que hemos obtenido es superior a 0.5 en todos los casos, llegando a obtener una precisión de 1 para el sujeto #5 del estudio.
- Con lo cual, podemos hablar de modelos de regresión lineal múltiple capaces de clasificar las muestras predichas con precisiones bastante buenas.
- Por tanto, en esta ocasión, no sería necesario plantear la agrupación de niveles para mejorar su efectividad.

## 6.8 CONCLUSIONES GENERALES

En este capítulo hemos calculado un modelo de regresión lineal múltiple, tanto para el conjunto de todos los datos, como para cada uno de los sujetos del estudio de manera independiente; y hemos comprobado que estos modelos no se ajustan en gran medida a los datos del estudio, y además conllevan unos errores asociados a la medición que no se pueden despreciar, en ambos casos.

Por este motivo, pasamos a comprobar si estos errores influirían o no en la clasificación de los diferentes estados de hidratación y deshidratación, y pudimos comprobar, que a simple vista no confundía unos niveles con otros.

Para comprobar la precisión del método calculado, primeramente calculamos la matriz de confusión para el conjunto de todos los datos del estudio, correspondiente con las muestras clasificadas en los niveles, y con las muestras predichas calculadas a partir de dicho modelo, obteniendo que el modelo de regresión lineal múltiple sólo es capaz de clasificar correctamente la mitad de las muestras.

Por lo tanto, y tras observar que todas las nuevas muestras calculadas se correspondían a los niveles 2 y 3, pasamos a proponer una agrupación de niveles para la clasificación de las muestras, dejando dos únicos grupos: 'Hidratados' y 'No hidratados'. Y así hemos obtenido una mejoría en la precisión del modelo de regresión lineal propuesto a la hora de clasificar las muestras.

Por último, pasamos a calcular las matrices de confusión de cada uno de los sujetos del estudio, correspondientes a las muestras previamente clasificadas en los niveles, y con las muestras predichas calculadas a partir de los modelos de regresión lineal múltiple correspondientes a cada sujeto.



De esta forma hemos obtenido una notable mejoría en cuanto a clasificación de muestras, ya que en todos los casos consiguen clasificar más de la mitad de las muestras predichas en los niveles correctos, llegando a clasificar el 100% de las muestras correctamente, como ocurre con el sujeto #5.

Por tanto, esta vez no ha sido necesario realizar una agrupación de niveles, como ocurría con el conjunto de todas las muestras, para mejorar su efectividad.

No obstante, debido a la limitación del rango muestral con el que estamos trabajando, no contamos con una gran base de datos con todo tipo de muestras, para saber si clasificaría correctamente las muestras más deshidratadas o no.



# **Capítulo 7**

## **Conclusiones y líneas futuras**

### **7.1 INTRODUCCIÓN**

En este capítulo se exponen las conclusiones obtenidas con la realización de este proyecto y las líneas de trabajo futuras que se pueden llevar a cabo para ampliar el proyecto desarrollado.

### **7.2 CONCLUSIONES**

El objetivo de este proyecto, como ya se vio en el primer capítulo, era diseñar un dispositivo capaz de detectar la deshidratación sufrida en el cuerpo humano, para prevenir así posibles problemas de salud. Para ello se analizaron diferentes sensores o métodos que fueran capaces de detectar deshidratación, eligiendo la opción de detección de deshidratación a través de la comparación con una carta de color de la orina.

Se realizó una recogida de muestras de 6 personas de edades y géneros diferentes, además de fijar otros parámetros externos que pudiesen afectar a los diversos estados de hidratación, como la temperatura ambiental, la humedad relativa, el tipo de actividad física realizada, etc.

Se obtuvo una clasificación de las muestras recogidas, así como sus correspondientes Diagramas de Voronoi, donde fácilmente se pudo detectar casos anómalos como los encontrados en las muestras del primer día de recogida de los sujetos #4 y #6. Con lo cual, se llevó a una segunda fase de recogida de muestras para estos sujetos, esperando obtener mejores resultados.

Por el tipo de datos obtenidos, hicimos una regresión lineal múltiple para calcular el grado de influencia que tuvieran los distintos parámetros recogidos a la hora de asignar un nivel de hidratación o deshidratación a cada muestra. Se calcularon las regresiones lineales múltiples, tanto para el conjunto de todos los datos, como para cada sujeto.

Para la regresión lineal múltiple del conjunto de todos los datos del estudio (57 muestras en total), se obtuvo que todos los parámetros recogidos eran relevantes para el modelo de regresión propuesto, quedando por tanto una regresión lineal múltiple con la siguiente estructura:

$$\begin{aligned} \text{deshidr} = b_0 + b_1 * \text{hum} + b_2 * \text{temp} + b_3 * \text{act} + b_4 * \text{líq} + b_5 * \text{recog} + b_6 * \text{edad} + \\ + b_7 * \text{sexo} + \varepsilon \end{aligned}$$

Los resultados obtenidos de las regresiones lineales múltiples de cada uno de los sujetos del estudio, sin embargo, diferían en la estructura de su modelo de regresión, siendo:

$$\text{deshidr} = b_1 * \text{hum} + b_2 * \text{temp} + b_3 * \text{act} + b_4 * \text{líq} + b_5 * \text{recog} + \varepsilon$$

Aunque a priori los errores obtenidos para el modelo de regresión lineal múltiple no inferían en la clasificación de las muestras en un nivel u otro, pudimos comprobar que tras realizar la matriz de confusión para el conjunto de todos los datos del estudio, la mayoría de las muestras sólo se clasificaban en los niveles 2 y 3. Lo que nos llevó a hacer una agrupación de niveles, 'Hidratados' y 'No hidratados'.

Por tanto, podemos deducir que el modelo de regresión lineal múltiple calculado, para el caso general de todas las muestras, no funcionaría como predictivo a la hora de clasificar muestras, llevándonos a concluir que los factores considerados en el estudio (como la humedad relativa, la temperatura ambiente, la actividad física realizada, la cantidad de líquidos ingeridos,...) no son los suficientemente representativos para predecir estados de deshidratación, siendo necesaria la búsqueda de otros parámetros, así como un mayor número de muestras para comprobar su efectividad.

Sin embargo, tras calcular las matrices de confusión para cada uno de los sujetos del estudio, obtuvimos una notable mejoría en la clasificación de las muestras predichas por los modelos de regresión. Clasificando las muestras con una precisión desde el 66.67% hasta del 100%, como ocurre con el caso del sujeto #5.

No obstante, aunque los modelos de regresión lineal múltiple para cada sujeto funcionan mejor como predictivos a la hora de clasificar muestras, siguen necesitando una mejora en cuanto a los factores considerados en el estudio, siendo necesaria igualmente la búsqueda de otros parámetros, así como un mayor número de muestras, ya que no es lo mismo comprobar su efectividad con 4 muestras recogidas durante un día, como hacerlo con un número mucho mayor.

### **7.3 LÍNEAS FUTURAS**

La principal línea de trabajo futura a seguir sería la ampliación del rango muestral. Este estudio se ha llevado a cabo con 57 muestras, por lo que como se ha visto en el apartado anterior de conclusiones, no han sido suficientes para obtener resultados concluyentes.

El aumento, tanto en el número de voluntarios como en el número de muestras recogidas de cada uno de ellos, permitirá una mayor precisión en los resultados finales. En la elección de voluntarios sería necesario tener en cuenta la variedad tanto en género como en edades, así como la actividad física realizada por cada uno de ellos.

Otro dato importante a tener en cuenta sería la búsqueda de otros parámetros que pudiesen ser representativos a la hora de predecir estados de deshidratación, como por ejemplo la procedencia geográfica de los voluntarios, ya que esto podría alterar a factores como la temperatura ambiental y la humedad relativa. Teniendo en cuenta estas premisas, se podría personalizar el estudio para las diferentes zonas geográficas, ya que por ejemplo los datos obtenidos en Centro América, diferirían mucho de los recogidos en el norte de Europa.

Una vez realizado el estudio y obtenido datos concluyentes con un mayor rango muestral, se podría desarrollar una aplicación que permitiera saber a cada persona su nivel de hidratación o deshidratación en ese mismo momento.

Hoy en día, con el nivel de implantación con el que cuentan los smartphones en la sociedad, la aplicación que se desarrollaría podría estar accesible para los mismos; permitiendo a través de la realización de una fotografía y rellenando unos simples datos (tales como la cantidad de líquidos ingeridos y la actividad física realizada), obtener el nivel de hidratación o deshidratación en el que se encontraría la persona, así como las recomendaciones necesarias para restablecer su nivel óptimo de hidratación, en el caso de ser necesario.



# Capítulo 8

## Planificación y presupuesto

### 8.1 INTRODUCCIÓN

En este último capítulo mostraremos el Diagrama de Gantt del proyecto, así como una breve descripción de las fases de desarrollo del mismo.

Por otro lado, desglosaremos el presupuesto del proyecto, a partir de los costes de los recursos materiales y humanos que se han utilizado.

## 8.2 PLANIFICACIÓN

### 8.2.1 Organización del proyecto

Este proyecto se ha desarrollado en varias fases, tal y como se muestra en la siguiente tabla. Además, la realización de dicho proyecto ha sido compaginada con la vida laboral, acorde a los diferentes periodos de realización del mismo.

NOMBRE DE LA TAREA	DURACIÓN	COMIENZO	FIN
Aprendizaje y búsqueda de información	76 d	13/11/12	26/02/13
Información sobre deshidratación	50 d	13/11/12	21/01/13
Información de dispositivos o sensores relacionados con deshidratación	25 d	23/01/13	26/02/13
Recopilación de la primera fase de muestras	21 d	01/03/13	29/03/13
Elección de parámetros del estudio	14 d	01/03/13	20/03/13
Obtención de muestras	4 d	26/03/13	29/03/13
Obtención de otros parámetros	4 d	26/03/13	29/03/13
Análisis de resultados	293 d	08/04/13	21/05/14
Instalación de Matlab	2 d	08/04/13	09/04/13
Clasificación de las muestras	258 d	15/04/13	09/04/14
Representación de Diagramas de Voronoi	40 d	27/03/14	07/04/14
Recopilación de la segunda fase de muestras	2 d	04/04/14	07/04/14
Obtención de muestras	2 d	04/04/14	07/04/14
Obtención de otros parámetros	2 d	04/04/14	07/04/14
Regresión lineal múltiple	37 d	22/05/14	11/07/14
Cálculo de coeficientes y otros estadísticos	33 d	22/05/14	07/07/14
Cálculo de matriz de confusión	5 d	07/07/14	11/07/14
Interpretación de resultados	4 d	09/07/14	14/07/14
Conclusiones	4 d	09/07/14	14/07/14



Líneas futuras de trabajo	2 d	11/07/14	14/07/14
Memoria	437 d	13/11/12	16/17/14
Estructuración	2 d	13/11/12	14/11/12
Estado del arte	74 d	15/11/12	26/02/13
Clasificación y etiquetado de muestras	287 d	01/01/13	07/04/14
Regresión lineal múltiple	37 d	22/05/14	11/07/14
Conclusiones y líneas futuras	4 d	09/07/14	14/07/14
Correcciones	2 d	15/07/14	16/07/14

*Tabla 61. Tareas que componen el Diagrama de Gantt*

Destacamos que ha habido tareas que se han realizado al mismo tiempo. Como puede ser la escritura de la memoria, que se ha ido realizando acorde se realizaban las búsquedas de información correspondientes, o se trabajaba con el etiquetado y la clasificación de las muestras.

### **8.2.2 Diagrama de Gantt**

A continuación se muestra el diagrama de Gantt con los tiempos correspondientes a cada una de las tareas del estudio realizado.

De forma más detallada, podemos consultar el Diagrama de Gantt en el Anexo III.

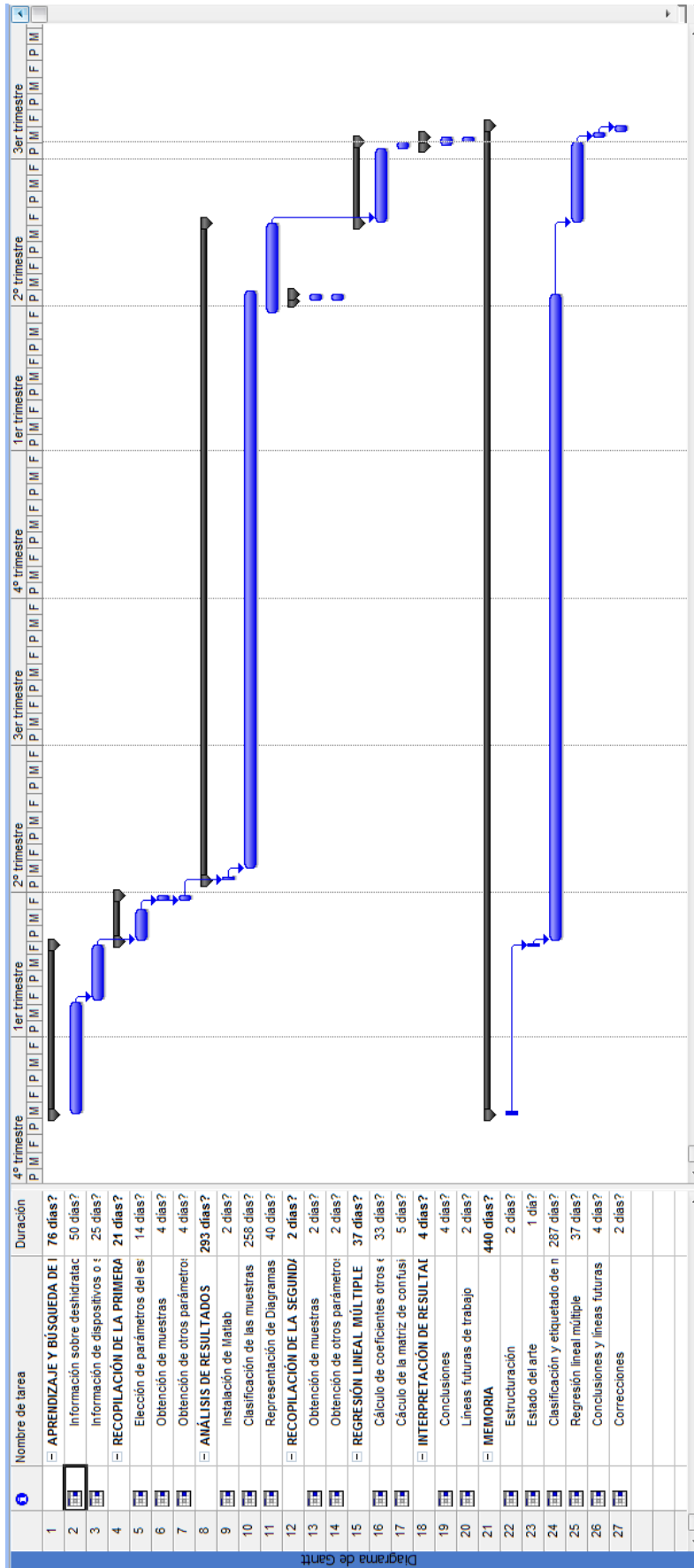


Figura 41. Diagrama de Gantt

## **8.3 PRESUPUESTO**

### **8.3.1 Introducción**

Para calcular el presupuesto de este proyecto hemos utilizado el presupuesto del proyecto fin de carrera que propone la Universidad Carlos III de Madrid, disponible en su página web <sup>[85]</sup>.

El presupuesto divide los costes en dos tipos, los costes directos que incluyen los costes de personal y los del material utilizado, y los costes indirectos. A continuación realizaremos un desglose detallado de todos ellos.

### **8.3.2 Costes directos**

Los costes directos, como ya hemos expuesto, incluyen los costes de personal y los costes del material utilizado.

#### **8.3.2.1 Costes de personal**

Los costes de personal serían los correspondientes a cada una de las personas que han trabajado en el estudio, tanto en la búsqueda de información, tratamiento e interpretación de datos; como en la toma de muestras.

Para calcular estos costes se han utilizado las especificaciones que se detallan en la plantilla del presupuesto. La dedicación de cada persona se mediría en hombres/mes.

La dedicación de cada persona se mide en hombres/mes y cada uno de estos equivale a 131.25 horas de trabajo.

El coste de cada hombre/mes también se especifica en la plantilla y es distinto dependiendo de si es ingeniero o ingeniero senior.

A continuación se muestra el desglose de los costes del personal:

<b>APELLIDOS Y NOMBRE</b>	<b>CATEGORÍA</b>	<b>DEDICACIÓN (hombres/mes)</b>	<b>COSTE HOMBRE/MES</b>	<b>COSTE (EURO)</b>
Bousoño, Carlos	Ingeniero Senior	0.16	4289.54	686.33
Rodríguez, Beatriz	Ingeniero	12	2694.39	32332.68
Sujeto#1	Voluntario			0.0
Sujeto#2	Voluntario			0.0
Sujeto#3	Voluntario			0.0
Sujeto#4	Voluntario			0.0
Sujeto#5	Voluntario			0.0
Sujeto#6	Voluntario			0.0
<b>Hombres/mes 12.16</b>			<b>Total</b>	<b>33019.01</b>

*Tabla 62. Costes de personal*

Como podemos ver en esta tabla, el coste de las personas que han trabajado en estudio asciende a 33.019,01 €.

### **8.3.2.2 Costes de material**

Seguidamente, mostramos los costes derivados del material utilizado, teniendo en cuenta la amortización de cada uno de los elementos, que se calcularía a partir de la siguiente fórmula:

$$Amortización = \frac{A}{B} * C * D$$

Siendo:

A: el número de meses desde la fecha de facturación en que el equipo es utilizado.

B: el periodo de depreciación (60 meses)

C: el coste del equipo (sin IVA)

D: porcentaje del uso que se dedica al proyecto (habitualmente el 100%)

DESCRIPCIÓN	COSTE (EURO)	% USO DEDICADO AL PROYECTO	DEDICACIÓN (MESES)	PERIODO DE DEPRECIACIÓN	COSTE IMPUTABLE
Ordenador portátil HP	750.00	70	21	60	183.75
Cámara fotos Samsung	100	10	0.25	60	0.04
57 Tubos recogida de orina	171	100	0.25	60	0.71
<b>Total</b>					<b>184.50</b>

*Tabla 63. Costes de equipos*

En esta tabla especificamos los costes del equipo sin IVA, teniendo en cuenta la amortización de los mismos.

Para los costes del software utilizado, incluimos las licencias necesarias para la realización del proyecto, detallados en la siguiente tabla:

DESCRIPCIÓN	COSTES IMPUTABLES
Microsoft Office Word 2007	13.06
Microsoft Office Excel 2007	21.39
Microsoft Project 2007	22.98
Licencia Matlab R2008a	65.53
<b>Total</b>	<b>122.96</b>

*Tabla 64. Costes de software*

Sumando los costes de las tablas anteriores, podemos ver que el coste total de materiales es de 307.46 €.

### 8.3.3 Costes indirectos

Para contabilizar los gastos totales del proyecto, sería necesario tener en cuenta los gastos indirectos, que no podrían contabilizarse a ninguna actividad concreta.

Siendo, por ejemplo, el gasto eléctrico de la luz, la calefacción, la conexión a Internet, etc.

Estos gastos se calcularían, siguiendo las indicaciones de la plantilla del presupuesto utilizado, como el 20% del presupuesto.

### 8.3.4 Costes totales

A la hora de calcular los costes totales, vamos a utilizar los costes directos e indirectos calculados previamente.

<b>Presupuesto Costes Totales</b>	<b>Presupuesto Costes Totales</b>
Personal	33.019
Amortización	185
Subcontratación de tareas	0
Costes de funcionamiento	0
Costes Indirectos	6.641
<b>Total</b>	<b>39.844</b>

*Tabla 65. Costes totales*

Por tanto, el presupuesto total de este proyecto asciende a 39.844 €.



# Referencias

[1]. "Capítulo 68: Fisiopatología del balance hidrosalino y del manejo del potasio" – Manual de Patología General. Autores: Sisinio de Castro, J. L. Pérez Arellano.

[2]. "Metabolismo del agua: deshidratación e hiperhidratación". Asignatura Médica – Endocrino. Universidad de Zaragoza.

[3]. "Deshidratación". Biblioteca médica medlineplus:

<http://www.nlm.nih.gov/medlineplus/spanish/ency/article/000982.htm>

[4]. "Dehydration". Mayo Clinic:

<http://www.mayoclinic.com/health/dehydration/DS00561>

[5]. "Dehydration". MedicineNet:

<http://www.medicinenet.com/dehydration/article.htm>

[6]. "Dehydration". Wikipedia:

<http://en.wikipedia.org/wiki/Dehydration>

[7]. "Deshidratación" Medicinayprevención:

<http://www.medicinayprevencion.com/deshidratacion.htm>

[8]. "Deshidratación". Esmas:

<http://www.esmas.com/salud/enfermedades/infecciosas/376293.html>

[9]. "Dehydration". NHS Choices:

<http://www.nhs.uk/Conditions/Dehydration/Pages/Introduction.aspx>

[10]. "Deshidratación". Elergonomista:

<http://www.elergonomista.com/enfermeria/pediat1727.html>

[11]. "Hiperhidratación". Wikipedia:

<http://es.wikipedia.org/wiki/Hiperhidrataci%C3%B3n>

[12]. "Hiperhidratación". Vitónica:

<http://www.vitonica.com/prevencion/hiperhidratacion-los-riesgos-del-exceso-de-liquidos>



- [13]. "Hiperhidratación". Gastronomía&cia:  
<http://www.gastronomiaycia.com/2009/10/31/hiperhidratacion-o-intoxicacion-por-consumo-de-agua/>
- [14]. "Hyperhydration: how drinking too much water can be deadly". Environmental graffiti:  
<http://www.environmentalgraffiti.com/science/news-too-much-watertoxic?image=0>
- [15]. "Hyperhydration: signs, symptoms, and dealing with it". Providence physicians:  
<http://www.providencephysicians-sc.com/healthcare-blog/hyperhydration-signs-symptoms-and-dealing-with-it>
- [16]. "Deshidratación y diarrea". Ingrid Zamorano  
[www.monografias.com/trabajos14/deshidrataciondiarrea/deshidrataciondiarrea.shtml#intro](http://www.monografias.com/trabajos14/deshidrataciondiarrea/deshidrataciondiarrea.shtml#intro)
- [17]. "Diagnóstico diferencial de los síndromes por trastornos hidroelectrolíticos y ácido-básicos 6". Dr. Julio Alberto Robles Martínez-Pinillo  
[www.monografias.com/trabajos82/sindromes-trastornos-hidroelectroliticos/sindromes-trastornos-hidroelectroliticos.shtml](http://www.monografias.com/trabajos82/sindromes-trastornos-hidroelectroliticos/sindromes-trastornos-hidroelectroliticos.shtml)
- [18]. "Deshidratación. Tipos, causas y consecuencias". Rosa M. Ortega. Departamento de Nutrición. Facultad de Farmacia. Universidad Complutense de Madrid.
- [19]. "Capítulo 12.4. Cuidados intensivos pediátricos. 12. Deshidratación"  
<http://tratado.uninet.edu/c120412.html>
- [20]. "Capítulo 6.2. Fluidoterapia. 4. Movimiento del agua entre los compartimentos"  
<http://tratado.uninet.edu/c060204.html>
- [21]. "Deshidratación aguda"  
<http://www.fm.unt.edu.ar/ds/Dependencias/UnidadPracticaFinal/pasantias/tucuman/tafidelvalle/ateneodeshidratacionag.htm>
- [22]. "Experiencing baby signs dehydration"  
<http://woman-marriage.blogspot.com.es/2010/10/experiencing-baby-signs-dehydration.html>
- [23]. "La diarrea"  
[www.saluddealtura.com/index.php?id=156&print=1&no\\_cache=1](http://www.saluddealtura.com/index.php?id=156&print=1&no_cache=1)
- [24]. "Semiología cardiaca del lactante: cianosis"  
<http://escuela.med.puc.cl/publ/CardioLactante/cianosis.html>
- [25]. "Sensor potenciométrico". Omar Castillo y Baryeric Villegas

<http://sensorpotenciometrico.blogspot.com.es>

[26]. "Diseño y automatización industrial". Pere Ponsa y Antoni Granollers. Universitat Politècnica de Catalunya

[www.epsevg.upc.edu/hcd/material/lecturas/interfaz.pdf](http://www.epsevg.upc.edu/hcd/material/lecturas/interfaz.pdf)

[27]. "Métodos potenciométricos". Ernesto Rojas, Pedro González, Luis Gonzales y Omar Pacheco.

[www.monografias.com/trabajos74/metodos-potenciometricos/metodos-potenciometricos2.shtml](http://www.monografias.com/trabajos74/metodos-potenciometricos/metodos-potenciometricos2.shtml)

[28]. "Sensores y acondicionadores de señal". Ramón Pallás Areny.

[http://books.google.es/books?id=Eevyk28\\_fVkc&pg=PA307&lpg=PA307&dq=sensores+potenciometricos&source=bl&ots=JVIIY4Ftgh&sig=amRqm4CwE9gmOb-BjHWHmduKTJg&hl=es&sa=X&ei=eycvUafXH8rV0QWjqYGQCA&ved=0CG4Q6AEwCQ#v=onepage&q=sensores%20potenciometricos&f=false](http://books.google.es/books?id=Eevyk28_fVkc&pg=PA307&lpg=PA307&dq=sensores+potenciometricos&source=bl&ots=JVIIY4Ftgh&sig=amRqm4CwE9gmOb-BjHWHmduKTJg&hl=es&sa=X&ei=eycvUafXH8rV0QWjqYGQCA&ved=0CG4Q6AEwCQ#v=onepage&q=sensores%20potenciometricos&f=false)

[29]. "Sensores basados en ISFET"

<http://gtq.imb-cnm.csic.es/es/lineas-investigacion/dispositivos-electroquimicos/isfet/aplicaciones>

[30]. "Potenciometría"

[http://metodoselectroanaliticos1.blogspot.com.es/2013\\_03\\_01\\_archive.html](http://metodoselectroanaliticos1.blogspot.com.es/2013_03_01_archive.html)

[31]. "Examen físico general: piel y anexos de la piel". Apuntes de Semiología. Escuela de Medicina. Pontificia Universidad Católica de Chile

[http://escuela.med.puc.cl/paginas/Cursos/tercero/IntegradoTercero/ApSemiologia/28\\_Piel.html](http://escuela.med.puc.cl/paginas/Cursos/tercero/IntegradoTercero/ApSemiologia/28_Piel.html)

[32]. Curso sobre habilidades de supervisión. "Manejo del paciente con diarrea"

[www.fmv-uba.org.ar/posgrado/proaps/cvr/cvr-mpd/pagina2.htm](http://www.fmv-uba.org.ar/posgrado/proaps/cvr/cvr-mpd/pagina2.htm)

[33]. "Turgencia cutánea"

[www.nlm.nih.gov/medlineplus/spanish/ency/article/003281.htm](http://www.nlm.nih.gov/medlineplus/spanish/ency/article/003281.htm)

[34]. "Turgencia de la piel"

[www.nlm.nih.gov/medlineplus/spanish/ency/esp\\_imagepages/17223.htm](http://www.nlm.nih.gov/medlineplus/spanish/ency/esp_imagepages/17223.htm)

[35]. "Definición de turgencia"

<http://definicion.de/turgencia/>

[36]. "Cómo ganar elasticidad en la piel". Sarah Morgan

[www.ehowenespanol.com/ganar-elasticidad-piel-como\\_117951/](http://www.ehowenespanol.com/ganar-elasticidad-piel-como_117951/)

[37]. "Elasticidad, Temperatura y Humedad de la Piel"

[www.buenastareas.com/ensayos/Elasticidad-Temperatura-Humedad-De-La-Piel/393423.html](http://www.buenastareas.com/ensayos/Elasticidad-Temperatura-Humedad-De-La-Piel/393423.html)

[38]. "La piel y sus características"

[www.iml.es/la-piel-y-sus-caracteristicas.html](http://www.iml.es/la-piel-y-sus-caracteristicas.html)

[39]. "Skin turgor"

[www.healthcentral.com/ency/408/003281.html](http://www.healthcentral.com/ency/408/003281.html)

[40]. "Urine color and dehydration"

[www.buzzle.com/articles/urine-color-and-dehydration.html](http://www.buzzle.com/articles/urine-color-and-dehydration.html)

[41]. "Tatuaje electrónico"

[http://www.rpp.com.pe/2013-03-13-eeuu-desarrollan-tatuajes-electronicos-para-monitorear-la-salud-noticia\\_575575.html](http://www.rpp.com.pe/2013-03-13-eeuu-desarrollan-tatuajes-electronicos-para-monitorear-la-salud-noticia_575575.html)

[42]. "Tatuaje electrónico"

[http://www.bbc.co.uk/mundo/noticias/2011/08/110812\\_tecnologia\\_tatuaje\\_electronico\\_nc.shtml](http://www.bbc.co.uk/mundo/noticias/2011/08/110812_tecnologia_tatuaje_electronico_nc.shtml)

[43]. "'Electronic Skin' Grafts Gadgets to Body"

<http://news.sciencemag.org/2011/08/electronic-skin-grafts-gadgets-body>

[44]. "Tatuaje con electrónica dérmica"

<http://ddsmedis.net/blog/2014/02/tatuaje-con-electronica-dermica/>

[45]. "Tatuaje electrónico para medir la temperatura"

[www.neoteo.com/tatuaje-electronico-para-medir-la-temperatura/](http://www.neoteo.com/tatuaje-electronico-para-medir-la-temperatura/)

[46]. "Piel electrónica como parches temporales"

<http://tucumanos-as.blogspot.com.es/2011/08/piel-electronica-como-parches.html>

[47]. "Sensor potenciométrico"

<http://sensorpotenciometrico.blogspot.com.es>

[48]. "Dehydration in diarrhea. Symptoms, treatment in infants and adults"

[www.healthhype.com/dehydration-due-to-diarrhea-symptoms-in-infants-adults.html](http://www.healthhype.com/dehydration-due-to-diarrhea-symptoms-in-infants-adults.html)

[49]. "Turgencia de la piel"

[www.nlm.nih.gov/medlineplus/spanish/ency/esp\\_imagepages/17223.htm](http://www.nlm.nih.gov/medlineplus/spanish/ency/esp_imagepages/17223.htm)

[50]. "Vitaminas del Grupo B" - Wikipedia:

[http://es.wikipedia.org/wiki/Vitaminas\\_del\\_grupo\\_B](http://es.wikipedia.org/wiki/Vitaminas_del_grupo_B)

[51]. "Urine color and dehydration"

[www.buzzle.com/articles/urine-color-and-dehydration.html](http://www.buzzle.com/articles/urine-color-and-dehydration.html)

[52]. "Urine color meaning". Dr. Sumaiya Khan  
[www.buzzle.com/articles/urine-color-meaning.html](http://www.buzzle.com/articles/urine-color-meaning.html)

[53]. "Urine color and what it means"  
[www.buzzle.com/articles/urine-color-and-what-it-means.html](http://www.buzzle.com/articles/urine-color-and-what-it-means.html)

[54]. "Urine color chart"  
[www.buzzle.com/articles/urine-color-chart.html](http://www.buzzle.com/articles/urine-color-chart.html)

[55]. "Cloudy urine causes"  
[www.buzzle.com/articles/cloudy-urine-causes.html](http://www.buzzle.com/articles/cloudy-urine-causes.html)

[56]. "Dark yellow urine causes"  
[www.buzzle.com/articles/dark-yellow-urine-causes.html](http://www.buzzle.com/articles/dark-yellow-urine-causes.html)

[57]. "Dark urine"  
[www.buzzle.com/articles/dark-urine.html](http://www.buzzle.com/articles/dark-urine.html)

[58]. "Green urine causes"  
[www.buzzle.com/articles/green-urine-causes.html](http://www.buzzle.com/articles/green-urine-causes.html)

[59]. "La orina carta de colores"  
<http://lasaludi.info/la-orina-carta-de-colores.html>

[60]. "Pee chart"  
<http://replylink.co.uk/go.asp?/.pages.summerhere/bWFW001>

[61]. "Pee color: What does it tell about your health?"  
<http://modeetstyledevie.blogspot.com.es/2012/02/pee-color-what-does-it-tell-about-your.html>

[62]. "Urine colour chart"  
[www.megamas.com/dl\\_urine\\_colour\\_chart.aspx](http://www.megamas.com/dl_urine_colour_chart.aspx)

[63]. "What's your ideal color?"  
[www.foodandfunontherun.com/2012/02/24/whats-your-ideal-color/](http://www.foodandfunontherun.com/2012/02/24/whats-your-ideal-color/)

[64]. "Humedad relativa":  
[http://es.wikipedia.org/wiki/Humedad#Humedad\\_relativa](http://es.wikipedia.org/wiki/Humedad#Humedad_relativa)

[65]. "Humedad relativa":  
[www.meteorologiaenred.com/humedad-relativa.html](http://www.meteorologiaenred.com/humedad-relativa.html)

[66]. "Regulación de la temperatura corporal":

[www.fuerzaycontrol.com/nutricion/nutrientes/agua-nutrientes-nutricion/la-hidratacion-i-regulacion-de-la-temperatura-corporal/](http://www.fuerzaycontrol.com/nutricion/nutrientes/agua-nutrientes-nutricion/la-hidratacion-i-regulacion-de-la-temperatura-corporal/)

[67]. "Matlab. Edición de estudiante". Versión 4. Guía de usuario. Prentice Hall. 1996

[68]. "Píxel"

<http://es.wikipedia.org/wiki/Píxel>

[69]. "Repaso de imágenes y filtros varios"

[www-2.dc.uba.ar/materias/t1/files/Filtros.pdf](http://www-2.dc.uba.ar/materias/t1/files/Filtros.pdf)

[70]. "Distancia euclidiana"

[http://es.wikipedia.org/wiki/Distancia\\_euclidiana](http://es.wikipedia.org/wiki/Distancia_euclidiana)

[71]. "Espacio euclídeo"

[http://es.wikipedia.org/wiki/Espacio\\_euclídeo](http://es.wikipedia.org/wiki/Espacio_euclídeo)

[72]. "Colores complementarios"

[http://es.wikipedia.org/wiki/Colores\\_complementarios](http://es.wikipedia.org/wiki/Colores_complementarios)

[73]. "Polígonos de Thiessen"

[http://es.wikipedia.org/wiki/Polígonos\\_de\\_Thiessen](http://es.wikipedia.org/wiki/Polígonos_de_Thiessen)

[74]. "Procesamiento de imágenes con MATLAB"

[es.scribd.com/doc/23371/Procesamiento-de-imagenes-con-Matlab](http://es.scribd.com/doc/23371/Procesamiento-de-imagenes-con-Matlab)

[75]. "Psychology, management and leadership"

<http://www.jesugilhernandez.com/2012/10/19/color-systems-and-color-wheels/>

[76]. "Regresión lineal múltiple". José Manuel Rojo Abuín. Laboratorio de estadística. Instituto de Economía y Geografía. Madrid. 2007

[http://portal.uned.es/pls/portal/docs/PAGE/UNED\\_MAIN/LAUNIVERSIDAD/VICERRECTORADO\\_S/INVESTIGACION/O.T.R.I/OFERTAS%20TECNOLOGICAS/DMAC/DOCUMENTOS%20Y%20TUTORIALES/REGRESION\\_LINEAL\\_MULTIPLE\\_3.PDF](http://portal.uned.es/pls/portal/docs/PAGE/UNED_MAIN/LAUNIVERSIDAD/VICERRECTORADO_S/INVESTIGACION/O.T.R.I/OFERTAS%20TECNOLOGICAS/DMAC/DOCUMENTOS%20Y%20TUTORIALES/REGRESION_LINEAL_MULTIPLE_3.PDF)

[77]. "Modelo de Regresión Lineal Múltiple". Renatas Kizys, Ángel A. Juan. Proyecto e-Math. Universitat Oberta de Catalunya.

[http://www.uoc.edu/in3/emath/docs/T01\\_Reg\\_Lineal\\_Multiple.pdf](http://www.uoc.edu/in3/emath/docs/T01_Reg_Lineal_Multiple.pdf)

[78]. "Coeficiente de determinación"

[http://es.wikipedia.org/wiki/Coeficiente\\_de\\_determinaci%C3%B3n](http://es.wikipedia.org/wiki/Coeficiente_de_determinaci%C3%B3n)

[79]. "Tema 4: Modelo de Regresión Lineal Múltiple". Ana Justel Eusebio. Métodos Estadísticos. Licenciatura en Biología. Universidad Autónoma de Madrid. 2007

[http://www.uam.es/personal\\_pdi/ciencias/ajustel/docencia/estadiscaa/tr-REGRESION\\_MULTIPLE.pdf](http://www.uam.es/personal_pdi/ciencias/ajustel/docencia/estadiscaa/tr-REGRESION_MULTIPLE.pdf)

[80]. "Confusion matrix"

[http://en.wikipedia.org/wiki/Confusion\\_matrix](http://en.wikipedia.org/wiki/Confusion_matrix)

[81]. "Accuracy and precision"

<http://en.wikipedia.org/wiki/Accuracy>

[82]. "F1 score"

[http://en.wikipedia.org/wiki/F1\\_score](http://en.wikipedia.org/wiki/F1_score)

[83]. "Distribución F"

[http://es.wikipedia.org/wiki/Distribuci%C3%B3n\\_F](http://es.wikipedia.org/wiki/Distribuci%C3%B3n_F)

[84]. "Product help" de MATLAB

[85]. "Hoja presupuesto para Proyectos Fin de Carrera"

[www.uc3m.es](http://www.uc3m.es)

# Otras referencias consultadas

[1]. "Definición de la Hipoxia"

[www.slideshare.net/MUACKS/definicion-de-la-hipoxia](http://www.slideshare.net/MUACKS/definicion-de-la-hipoxia)

[2]. "Volemia"

<http://es.wikipedia.org/wiki/Volemia>

<http://med.unne.edu.ar/catedras/fisiologia1/volemia.htm>

[3]. "Exicosis" o "Exemia"

[www.iqb.es/diccio/e/ev.htm](http://www.iqb.es/diccio/e/ev.htm)

[www.portalesmedicos.com/diccionario\\_medico/index.php/Exemia](http://www.portalesmedicos.com/diccionario_medico/index.php/Exemia)

[4]. "Hipotensión ortostática"

[http://es.wikipedia.org/wiki/Hipotensi%C3%B3n\\_ortost%C3%A1tica](http://es.wikipedia.org/wiki/Hipotensi%C3%B3n_ortost%C3%A1tica)

[5]. "Oliguria"

[www.abcsalud.es/index.php/a/Oliguria/b/herbolarios/](http://www.abcsalud.es/index.php/a/Oliguria/b/herbolarios/)

[6]. "Cianosis"

<http://es.scribd.com/doc/2670894/CIANOSIS>

[salud.doctissimo.es/diccionario-medico/cianosis.html](http://salud.doctissimo.es/diccionario-medico/cianosis.html)

[www.tumedico.com.ve/abc.jsp?letra=3&l=C&iHealth=94](http://www.tumedico.com.ve/abc.jsp?letra=3&l=C&iHealth=94)

[7]. "Obnubilación"

<http://es.wikipedia.org/wiki/Obnubilaci%C3%B3n>

[8]. "Fiebre"

<http://es.wikipedia.org/wiki/Fiebre>

[9]. "Mucosa"

<http://es.wikipedia.org/wiki/Mucosa>

[10]. "Fibrilación"

<http://es.wikipedia.org/wiki/Fibrilaci%C3%B3n>

[11]. "Fasciculación"

<http://es.wikipedia.org/wiki/Fasciculaci%C3%B3n>

[12]. "Mioclonías"

<http://fedaes.org/bol/bol25/mioclon.htm>

[13]. "Convulsión"

<http://es.wikipedia.org/wiki/Convulsi%C3%B3n>

[14]. "Edema"

<http://es.wikipedia.org/wiki/Edema>

[www.nlm.nih.gov/medlineplus/spanish/ency/article/003103.htm](http://www.nlm.nih.gov/medlineplus/spanish/ency/article/003103.htm)

[15]. "Ingurgitación"

[www.portalesmedicos.com/diccionario\\_medico/index.php/Ingurgitacion](http://www.portalesmedicos.com/diccionario_medico/index.php/Ingurgitacion)

[16]. "Endotelio"

<http://es.wikipedia.org/wiki/Endotelio>

[17]. "Presión osmótica"

[http://es.wikipedia.org/wiki/Presi%C3%B3n\\_osm%C3%B3tica](http://es.wikipedia.org/wiki/Presi%C3%B3n_osm%C3%B3tica)

[18]. "Presión oncótica"

[http://es.wikipedia.org/wiki/Presi%C3%B3n\\_onc%C3%B3tica](http://es.wikipedia.org/wiki/Presi%C3%B3n_onc%C3%B3tica)

[19]. "Oligoanuria"

[www.portalesmedicos.com/diccionario\\_medico/index.php/Oligoanuria](http://www.portalesmedicos.com/diccionario_medico/index.php/Oligoanuria)

[20]. "Albúmina"

<http://es.wikipedia.org/wiki/Alb%C3%Bamina>

[21]. "Tisular"

<http://lema.rae.es/drae/?val=tisular>

[22]. "Trófico"

[http://lema.rae.es/drae/?val=trófico](http://lema.rae.es/drae/?val=tr%C3%B3fico)



[23]. "Serosa"

<http://es.wikipedia.org/wiki/Serosa>

[24]. "Ectópico"

<http://lema.rae.es/drae/?val=ectópico>

[25]. "Distal"

<http://lema.rae.es/drae/?val=distal>

[26]. "Iatrogénico"

<http://lema.rae.es/drae/?val=iatrogénico>

[27]. "Nefrona"

<http://es.wikipedia.org/wiki/Nefrona>

[28]. "Acrónimos en Medicina"

[http://es.wikipedia.org/wiki/Anexo:Acrónimos\\_en\\_Medicina](http://es.wikipedia.org/wiki/Anexo:Acrónimos_en_Medicina)

[29]. "Diabetes insípida"

[http://es.wikipedia.org/wiki/Diabetes\\_insípida](http://es.wikipedia.org/wiki/Diabetes_insípida)

[www.nlm.nih.gov/medlineplus/spanish/ency/article/000377.htm](http://www.nlm.nih.gov/medlineplus/spanish/ency/article/000377.htm)

[30]. "Porfiria"

[www.nlm.nih.gov/medlineplus/spanish/ency/article/001208.htm](http://www.nlm.nih.gov/medlineplus/spanish/ency/article/001208.htm)

[31]. "Triptófano"

<http://es.wikipedia.org/wiki/Tript%C3%B3fano>

[32]. "Síndrome del pañal azul"

[http://es.wikipedia.org/wiki/S%C3%ADndrome\\_del\\_pa%C3%B1al\\_azul](http://es.wikipedia.org/wiki/S%C3%ADndrome_del_pa%C3%B1al_azul)

[33]. "Vitaminas del Grupo B"

[http://es.wikipedia.org/wiki/Vitaminas\\_del\\_grupo\\_B](http://es.wikipedia.org/wiki/Vitaminas_del_grupo_B)

[34]. "Rotavirus"

<http://es.wikipedia.org/wiki/Rotavirus>

[35]. "Capítulo 136: Equilibrio del agua. Sección 12: Trastornos de la nutrición y del metabolismo". Manual Merck de Información Médica para el hogar:

[http://www.msd.es/publicaciones/mmerck\\_hogar/seccion\\_12/seccion\\_12\\_136.html](http://www.msd.es/publicaciones/mmerck_hogar/seccion_12/seccion_12_136.html)

- [36]. "Sobrehidratación". Diego Arturo Rosas Ramos.  
<http://es.scribd.com/doc/54959885/SOBREHIDRATACION>
- [37]. "ISFET"  
<http://es.wikipedia.org/wiki/ISFET>
- [38]. "MOSFET"  
<http://es.wikipedia.org/wiki/MOSFET>
- [39]. "Esclerodermia"  
[www.nlm.nih/medlineplus/spanish/ency/article/000429.htm](http://www.nlm.nih/medlineplus/spanish/ency/article/000429.htm)
- [40]. "Síndrome de Ehler's Danlos"  
[http://es.wikipedia.org/wiki/Síndrome\\_de\\_Ehlers-Danlos](http://es.wikipedia.org/wiki/Síndrome_de_Ehlers-Danlos)
- [41]. PFC "Diseño y desarrollo de un equipo de caracterización de ISFET para la medida de analitos iónicos". Antonio Miró Vicente. 2010. Universitat Autònoma de Barcelona.  
[http://www.recercat.net/bitstream/handle/2072/151834/PFC\\_AntonioMiroVicente.pdf?sequence=1](http://www.recercat.net/bitstream/handle/2072/151834/PFC_AntonioMiroVicente.pdf?sequence=1)
- [42]. "Sensor de pH tipo ISFET"  
<http://www.inti.gov.ar/citei/cyted/isfet.htm>
- [43]. "Analizadores de piel. Información general sobre parámetros cutáneos, capilares y de medición CK"  
[www.microcaya.es/600infopiel.htm](http://www.microcaya.es/600infopiel.htm)
- [44]. "Piel"  
<http://es.wikipedia.org/wiki/Piel>
- [45]. "Análisis instrumental. Técnicas electroanalíticas". Conductimetría y Potenciometría. Ricardo Hernández  
[webdelprofesor.ula.ve/ciencias/rmhr/Index\\_archivos/Conductimetria-Potenciometria.pdf](http://webdelprofesor.ula.ve/ciencias/rmhr/Index_archivos/Conductimetria-Potenciometria.pdf)
- [46]. "Métodos potenciométricos". Carlos Brunatti y Hernán De Napoli  
[www.ciens.ucv.ve:8080/generador/sites/martinezma/archivos/Metodos Potenciométricos.pdf](http://www.ciens.ucv.ve:8080/generador/sites/martinezma/archivos/Metodos Potenciométricos.pdf)
- [47]. "Dehydration in diarrhea. Symptoms, treatment in infants and adults"  
[www.healthhype.com/dehydration-due-to-diarrhea-symptoms-in-infants-adults.html](http://www.healthhype.com/dehydration-due-to-diarrhea-symptoms-in-infants-adults.html)

[48]. "Evaluación del estado de hidratación"

[www.drscope.com/privados/pac/pediatrica/pbl4/estado.html](http://www.drscope.com/privados/pac/pediatrica/pbl4/estado.html)

[49]. "Control de la deshidratación mediante el color de la orina"

[www.altorendimiento.com/test-y-calculadoras/calculadoras-para-la-salud-del-deportista/3059-control-de-la-deshidratacion-mediante-el-color-de-la-orina](http://www.altorendimiento.com/test-y-calculadoras/calculadoras-para-la-salud-del-deportista/3059-control-de-la-deshidratacion-mediante-el-color-de-la-orina)

[50]. "Cómo controlar el estado de deshidratación y reconocer los cuadros de deshidratación"

<http://beverageinstitute.org/mexico/article/monitoring-hydration-status-and-recognizing-dehydration/>

[51]. "Passion for running part 4: Proper hydration"

<http://irunsolo.wordpress.com/2013/04/12/passion-for-running-part-4-proper-hydration/>

[52]. "What's your ideal color?"

[www.foodandfunontherun.com/2012/02/24/whats-your-ideal-color/](http://www.foodandfunontherun.com/2012/02/24/whats-your-ideal-color/)

[53]. "Urine color chart"

[www.infohow.org/sports-health/urine-color-chart](http://www.infohow.org/sports-health/urine-color-chart)

[54]. "Apuntes de Matlab". Cándido Piñeiro Gómez

[www.uhu.es/08003/aula\\_virtual/modulo\\_didactico/matlab.pdf](http://www.uhu.es/08003/aula_virtual/modulo_didactico/matlab.pdf)

[55]. "Resolución de imagen"

[http://es.wikipedia.org/wiki/Resoluci3n\\_de\\_imagen](http://es.wikipedia.org/wiki/Resoluci3n_de_imagen)

[56]. Apuntes "Percepción visual y procesado básico de imagen". José Miguel Leiva Murillo, Inmaculada Mora Jiménez, Jesús Cid Sueiro y Fernando Díaz de María. Departamento de Teoría de la Señal y Comunicaciones. Universidad Carlos III de Madrid.

[57]. "Práctica 1 - Optimización de procesos químicos"

[www.isa.cie.uva.es/~prada/Practopt1.pdf](http://www.isa.cie.uva.es/~prada/Practopt1.pdf)

[58]. "Capítulo 5 - La función fmincon"

<http://bibing.us.es/proyectos/abreproy/11191/fichero/Capitulo+5.pdf>

[59]. PFC "Determinación de la posición de objetos en imágenes usando la Transformada de Fourier-Mellin Analítica". Mauricio Villegas Santamaria. 2004. Universidad Politécnica de Valencia.



# Anexo I

## Contexto sobre deshidratación

### I.1 INTRODUCCIÓN

Para ponernos en situación y poder entender bien el fin de este proyecto, vamos a empezar explicando en qué consiste la deshidratación, en su sentido más amplio y general. Posteriormente y de forma más concreta, profundizaremos en los diferentes tipos de deshidratación.

### I.2 DESHIDRATACIÓN

#### I.2.1 Introducción

La deshidratación es un proceso mediante el cual el cuerpo sufre una pérdida excesiva de agua y sales minerales. Mientras que la hiperhidratación es el proceso contrario, es decir, cuando el cuerpo tiene un exceso de agua <sup>[6][11]</sup>.

La importancia de la deshidratación viene dada a que el principal elemento del cuerpo humano es el agua. En un recién nacido el 75% de su peso es agua, en cambio, en un adulto, el agua que lo compone es aproximadamente un 55% ó 60% de su peso corporal. Esta cifra varía porque en mujeres y ancianos es algo menor <sup>[5]</sup>.

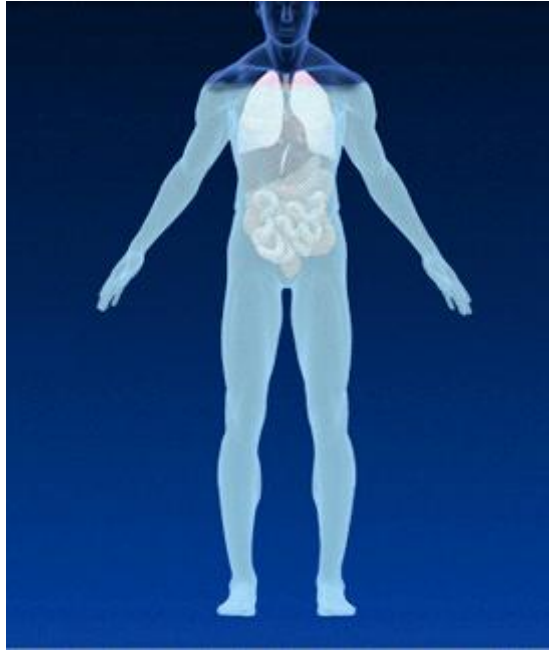


Figura A1. Cantidad de agua en el cuerpo de un individuo <sup>[5]</sup>

La distribución del agua dentro del organismo también va a ser diferente dependiendo de la edad, el género, etc.

El agua está presente en la sangre, el cerebro, los músculos, órganos y tejidos,... y es parte esencial de todos los demás elementos y sustancias corporales.

Cuando el intestino funciona normalmente, el agua y las sales se reabsorben y pasan a la sangre <sup>[7]</sup>. En cambio, cuando existe una alteración en el metabolismo del agua corporal, disminuye el líquido intracelular, acompañado de una pérdida de las sustancias disueltas, como son el sodio (Na), el potasio (K), el magnesio (Mg) y ciertas proteínas, siendo las responsables del cuadro clínico que se observa en esta patología.

El agua puede salir del organismo por diferentes vías <sup>[10]</sup>:

- a) Vía digestiva: en este caso el agua forma parte de las heces, y como tal, aumenta cuando hay diarrea, vómitos, aspiraciones, fístulas gástricas,... Este tipo de pérdida de líquidos se considera en la mayoría de los casos hipotónica.
- b) Vía transcutánea: esta pérdida de agua es mayor en un niño que en un adulto, ya que proporcionalmente la superficie corporal de un niño es mayor que la de un adulto. Normalmente el sudor es hipotónico.
- c) Vía pulmonar: ya que en la respiración también se produce una pérdida de agua (pura). Esta pérdida aumenta cuando aumentan las respiraciones, como puede ser en casos de fiebre e hipoxia (deficiencia de oxígeno en sangre, células, tejidos,...). Este tipo de pérdidas es 3 veces mayor en un niño que en un adulto.

- d) Vía renal: en esta ocasión, el encargado de regular las pérdidas de agua es el riñón. Pero hay que tener en cuenta que el funcionamiento renal de un recién nacido o un lactante va a ser muy deficiente, porque aún hay una inmadurez renal.

## **I.2.2 Terminología empleada**

Antes de continuar vamos a aclarar la diferencia entre osmolaridad y osmolalidad.

Ambos términos se refieren a la concentración de solutos totales, sólo que osmolaridad los expresa en osmoles/litro, y osmolalidad los expresa en osmoles/kilogramo\_de\_agua. Por tanto, a partir de este punto, vamos a utilizar el término osmolaridad para simplificar <sup>[17]</sup>.

La terminología empleada para designar las distintas formas de deshidrataciones es la siguiente, donde el principal catión del líquido extracelular es el sodio, y se toma como punto de referencia su concentración para saber si la cantidad de sustancias disueltas están aumentadas (hiperosmolaridad o hipertónia) o disminuidas (hiposmolaridad o hipotónia) <sup>[2][6][10][17]</sup>.

a) Deshidratación hipertónica:

También conocida como hipernatrémica.

Se produce cuando, proporcionalmente, se pierde más agua que sales minerales. En este caso, el sodio está por encima de 150mEq/L.

La osmolaridad aumenta (hiperosmolaridad), por tanto el agua pasa del interior de la célula al exterior, por lo que aumenta el espacio extracelular, disminuye el líquido intracelular, y la célula “se arruga”.

b) Deshidratación hipotónica:

También llamada hiponatrémica.

Ocurre cuando la pérdida de sales es mayor que la de agua. El sodio está por debajo de 130 mEq/L.

La osmolaridad disminuye (hiposmolaridad), por tanto la célula se hincha y el espacio extracelular pierde líquido, puesto que entra en la célula.

c) Deshidratación isotónica:

Se llama también isonatrémica o isoosmótica.

Se da cuando, paralelamente, se pierde agua y electrolitos sin alterar la concentración relativa. Se producen las pérdidas en proporciones similares. En esta ocasión los valores del sodio están entre 130 mEq/L y 150 mEq/L.

En este tipo no hay hinchazón ni retracción de las células.

*Aclaración: En la unidad de medida Eq/L, Eq son osmoles x valencia, y L son litros.*

## **I.2.3 Balance hidrosalino corporal**

Para estudiar con más exactitud y de forma más precisa y detallada la deshidratación o la hiperhidratación, hay que hacer un análisis más profundo del balance hidrosalino en las distintas regiones corporales.

Las regiones corporales referidas son <sup>[5][16]</sup>:

- Intracelular, o relativo al interior de las células que componen el cuerpo humano
- Intersticial, referido al intersticio o espacio que hay entre las células
- Intravascular, asociado al interior de un vaso sanguíneo, bien sea arterial (intraarterial) o venoso (intravenoso)

Estos compartimentos están separados por dos tipos de membranas biológicas: el endotelio, que separa el líquido intravascular del intersticial, y la membrana plasmática, entre los compartimentos extracelular e intracelular.

Aunque también existe un componente minoritario, llamado transcelular, que supone sólo un 1% del volumen corporal total, compuesto, por ejemplo, por las secreciones digestivas, líquido cefalorraquídeo (LCR) o humores acuoso y vítreo del ojo.

La distribución de la cantidad de agua en el cuerpo corresponde aproximadamente 2/3 al líquido intracelular y 1/3 restante al líquido extracelular. A su vez, el líquido extracelular se distribuye en dos componentes: intersticial e intravascular, con una relación 3:1 <sup>[16]</sup>.

La membrana que separa el espacio extracelular del intracelular es semipermeable, dejando pasar el agua pero no todos los solutos como el magnesio, sodio, cloro,... Mientras que la membrana que separa el espacio intersticial del intravascular, es una membrana capilar que impide la pérdida de proteínas.

Sin embargo el agua, atraviesa libremente todas las membranas mencionadas anteriormente.

En la siguiente figura se puede apreciar de forma más clara la distribución de los compartimentos corporales <sup>[1]</sup>:

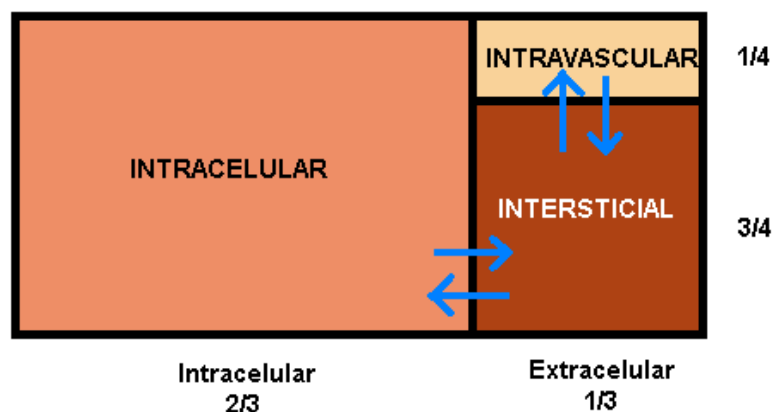


Figura A2. Compartimentos corporales <sup>[1]</sup>

La concentración de los diferentes solutos también es diferente en cada uno de los espacios señalados dependiendo de tres factores <sup>[1]</sup>:



*i. EL PRINCIPIO DE ELECTRONEUTRALIDAD*

Consiste en que en cada compartimento la suma de aniones (iones negativos) y cationes (iones positivos) debe ser igual.

El principal catión osmótico del plasma es el sodio, y el anión es el cloro.

Este principio se basa en que si existiera una desigualdad, se generarían corrientes eléctricas que alterarían el funcionamiento celular normal.

*ii. LA DIFERENTE PERMEABILIDAD DE LAS MEMBRANAS PARA CADA SOLUTO*

El anhídrido carbónico (CO<sub>2</sub>) atraviesa libremente todas las membranas, excepto la piel.

La glucosa puede atravesar las diferentes membranas, requiriendo en algunos tejidos de la presencia de insulina.

Tanto el sodio como el potasio, atraviesan libremente la barrera endotelial, pero el paso a través de la membrana plasmática está regulado.

Sin embargo, las proteínas no atraviesan libremente ningún tipo de membrana, debido a su tamaño.

*iii. LA TRANSFORMACIÓN DE LOS SOLUTOS*

Condiciona las diferencias entre compartimentos. Como por ejemplo ocurre con la glucosa, presente en el líquido extracelular, que una vez penetra en las células, se cataboliza o es empleada para la síntesis de glucógeno.

Como consecuencia de estos factores, la composición en solutos de los tres compartimentos es diferente.

### ***1.2.3.1 Movimiento del agua a través de las membranas***

El paso del agua a través de los dos tipos esenciales de membranas biológicas (membrana plasmática y endotelio) depende de diferentes factores.

El desplazamiento de agua a través de la membrana plasmática depende de la diferencia de la osmolaridad efectiva del líquido extracelular <sup>[20]</sup>.

Los solutos fundamentales en el mantenimiento de la osmolaridad en los líquidos biológicos en el ser humano son: los electrolitos, la urea, la glucosa y las proteínas.

El desplazamiento de agua a través de membranas semipermeables se produce en el sentido de menor a mayor osmolaridad, coloquialmente, el agua va al sitio que tiene más sed <sup>[20]</sup>.

La osmolaridad efectiva (tonicidad) es aquella que es capaz de generar un movimiento de agua. Sólo las sustancias que no atraviesan libremente la membrana ejercen un efecto osmótico efectivo. Por ello, la concentración de electrolitos es la determinante de la tonicidad.

La modificación de electrolitos más frecuente corresponde al líquido extracelular, sometido a un balance externo. Por este motivo, las modificaciones de la concentración de sodio extracelular son las responsables de la modificación de la tonicidad y, por consiguiente, del desplazamiento de agua entre el compartimento intra y extracelular.

Los movimientos de agua entre el espacio intersticial e intravascular a través del endotelio, dependen de las Fuerzas de Starling, que son <sup>[1]</sup>:

- La diferencia de presión hidrostática, siendo la presión hidrostática la fuerza que ejerce un líquido sobre las paredes que lo contienen, es decir, las membranas.
- La diferencia de presión oncótica, siendo la presión oncótica la fuerza que lleva los líquidos hacia el sistema circulatorio.
- La permeabilidad endotelial.

### ***1.2.3.2 Movimiento de sodio a través de las membranas***

Por los datos mencionados previamente, podemos afirmar que el balance del agua y el sodio son paralelos. Por ello, el balance externo del sodio va ligado a un balance en el mismo sentido del agua.

En lo que respecta al balance externo del sodio, diariamente se ingieren de 4 a 10 gr. y se eliminan principalmente por la orina, y una pequeña cantidad por el sudor (líquido hipotónico) y las heces (líquido isotónico) <sup>[1]</sup>.

## **I.3. HIPERHIDRATACIÓN**

### **I.3.1 Introducción**

A rasgos generales, la hiperhidratación es el fenómeno que se da cuando el cuerpo tiene un exceso de agua. También es conocida como intoxicación por agua <sup>[11][13][14][15]</sup>.

Aparece cuando se consume más agua de la que se puede eliminar en condiciones normales <sup>[11][15]</sup>.

Las alteraciones que pueden producirse se deben en su mayoría a la gran dilución de sodio en la sangre, siendo el órgano más afectado el cerebro, debido a que los cambios bruscos en el contenido del agua generan la imposibilidad de adaptación de las neuronas, ocasionando confusión mental, convulsiones, etc.

En situaciones normales en las que el organismo funciona sin ningún problema, se pueden llegar a beber hasta 7.5 litros de agua al día. Si se supera este valor, se produce una excesiva dilución del sodio en la sangre, también conocida como hiponatremia <sup>[11][12][13]</sup>.

Para mantener el equilibrio de la cantidad de agua total en el organismo, participa la glándula hipófisis, situada en el cerebro, la cual libera la hormona antidiurética cuando el agua es escasa en el cuerpo, o inhibe la liberación de esta sustancia cuando existe un exceso de líquidos en él.

En casos extremos, donde el sodio es inferior a 100 mEq/L, se pueden llegar a producir edemas cerebrales, comas, o incluso la muerte, ya que el cerebro es el órgano que más se ve afectado en estos casos tan graves <sup>[13][14]</sup>.

Hay otras ocasiones en las que se puede relacionar la hiperhidratación, como es el caso del consumo de drogas, en particular con el éxtasis <sup>[14]</sup>.

### **I.3.2 Terminología empleada**

Para designar los diferentes tipos de hiperhidrataciones que hay, vamos a utilizar la siguiente terminología, donde al igual que ocurre con la deshidratación, el principal catión del líquido extracelular es el sodio, y se toma como punto de referencia su concentración para saber si la cantidad de sustancias disueltas están aumentadas (hiperosmolaridad o hipertónia) o disminuidas (hiposmolaridad o hipotónia) <sup>[2]</sup>:

a) Hiperhidratación hipertónica:

Este tipo de hiperhidratación ocurre como consecuencia de una ingestión elevada de agua salada o soluciones salinas hipertónicas.

Es decir, se produce cuando hay un exceso de agua y sales en condiciones hipertónicas, lo que resulta una salida de agua de las células, incrementando así el espacio extracelular.

b) Hiperhidratación hipotónica:

Ocurre cuando hay un exceso de agua en los espacios intracelular y extracelular, con bajos valores de sodio.

Se da por la llamada “intoxicación por agua”, ya sea por una excesiva ingestión de agua, o por una administración exagerada de soluciones no salinas.

c) Hiperhidratación isotónica:

Puede ocurrir por una exagerada administración de solución salina isotónica, pero sobre todo, en procesos descompensados de insuficiencia cardíaca, cirrosis hepática y síndrome nefrótico, conducentes a la formación de edemas.

## I.4 CUADRO RESUMEN SOBRE DESHIDRATACIÓN E HIPERHIDRATACIÓN

DESEQUILIBRIO	OSMOLARIDAD SODIO
Deshidratación Isotónica	Normal
Deshidratación Hipotónica	Bajo
Deshidratación Hipertónica	Elevado
Hiperhidratación Isotónica	Normal
Hiperhidratación Hipotónica	Bajo
Hiperhidratación Hipertónica	Elevado

Tabla A1. Resumen sobre deshidratación e hiperhidratación

## I.5 CAUSAS MÁS COMUNES POR LAS QUE SE PRODUCE DESHIDRATACIÓN

Básicamente la deshidratación puede ser causada por la pérdida excesiva de líquidos, por no ingerir suficiente agua o líquidos, o por una combinación de ambas <sup>[4][9]</sup>.

Algunas de las causas por las que se puede producir un exceso en la eliminación de líquidos son <sup>[3]</sup>:

- Vómito o diarrea.

Por ejemplo, cuando hay diarrea y el aparato gastrointestinal no funciona normalmente, el agua y las sales pasan lentamente a la sangre o no pasan en absoluto. Las heces contienen gran cantidad de agua y sales, mucho mayor que la normal, ocasionando la deshidratación. Cuanto más frecuentes sean las deposiciones, mayor será la pérdida de agua y sales <sup>[16][18]</sup>.

- Sudoración excesiva, bien sea por fiebres altas, por estar expuesto a una situación de mucho calor (sobre todo cuando la humedad también es muy elevada) durante un periodo prolongado, o por la realización de un ejercicio intenso <sup>[18]</sup>.

En los casos de fiebre intensa acompañados de sudoración, se motiva el consumo excesivo del agua corporal por la hipertermia y la pérdida hidrosalina

a través de la piel. Si en estos casos la reposición hídrica no es realizada en el tiempo y forma necesaria, se puede sufrir un cuadro de deshidratación.

- Gasto urinario excesivo, como el producido por una diabetes no controlada o por el uso de diuréticos.

La posibilidad de una ingesta insuficiente de líquidos, produciendo una alteración en el balance hidroelectrolítico, puede ser debida a:

- Pérdida del apetito y de la sed, ocasionados por los malestares producidos por enfermedades como: estomatitis (inflamación de la mucosa bucal producida por una infección), faringitis (inflamación de la mucosa que reviste la faringe), gastroenteritis (inflamación de la membrana interna del intestino causada por bacterias, parásitos o virus), o incluso úlceras bucales.
- Náuseas.

En ciertas patologías gastroduodenales (como pueden ser: gastroduodenitis (inflamación simultánea del estómago y del duodeno), intoxicaciones alimentarias, etc), cuyo signo característico es el vómito copioso, se puede ocasionar una pérdida de agua y ciertos electrolitos (como cloro, potasio,...) y sales, lo que ocasiona un cuadro de deshidratación. Dicho estado de náuseas en estos pacientes hacen imposible la reposición de líquidos por vía oral <sup>[7]</sup>.

## **I.6 CAUSAS MÁS COMUNES POR LAS QUE SE PRODUCE HIPERHIDRATACIÓN**

Principalmente la hiperhidratación se debe a la ingesta excesiva de líquidos. Esto puede suceder por varios motivos <sup>[15]</sup>:

- Ingestas excesivas puntuales para prevenir deshidrataciones en carreras competitivas, maratones, etc.
- Beber líquidos en sustitución de comidas para “disminuir” peso, como indican algunas dietas milagro.
- Ingerir demasiada agua por la sed que producen algunas drogas o estupefacientes como la cocaína, el éxtasis, etc.

## I.7 TIPOS DE DESHIDRATACIÓN

La deshidratación se clasifica en tres tipos, dependiendo de la cantidad de líquido corporal que se haya perdido o que no se haya repuesto <sup>[7][10][17][21]</sup>:

### I.7.1 Deshidratación leve

La deshidratación más leve se puede producir aunque se tome toda el agua que se quiera. También se denomina deshidratación voluntaria, y puede reducirse, o incluso eliminarse por completo, con bebidas isotónicas.

Las pérdidas de líquidos corporales son hasta un 5% del peso corporal <sup>[8]</sup>.

Los síntomas más comunes en casos de deshidratación leve son <sup>[17][18]</sup>:

- Sed
- Mucosas ligeramente secas (mucosa bucal y conjuntiva del ojo)
- Disminución del volumen de orina, la cual se vuelve más oscura de lo normal, más concentrada
- Cansancio sin motivo aparente
- Escasez de lágrimas al llorar
- Dolor de cabeza
- Vértigo al ponerse de pie, debido a la hipotensión ortostática (que es la caída de la presión arterial sanguínea producida por un cambio súbito en la posición del cuerpo)
- Diabetes descompensada

### I.7.2 Deshidratación moderada

Las pérdidas de líquidos corporales están entre un 5% y un 10% <sup>[8]</sup>.

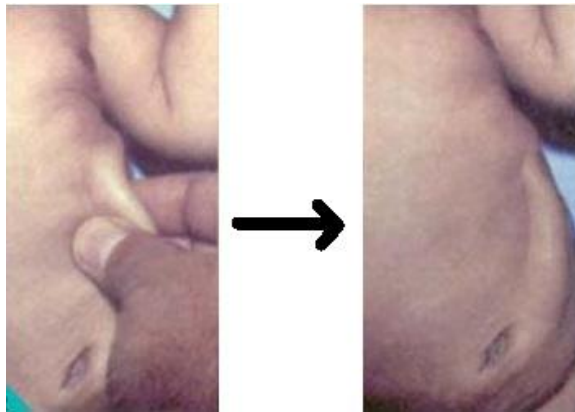
Los síntomas más frecuentes en una deshidratación moderada pueden ser <sup>[17]</sup>:

- Ausencia de la producción de orina
- Letargo y somnolencia
- Desvanecimientos
- Ojos hundidos y ojerosos



*Figura A3. Ojos hundidos* <sup>[22]</sup>

- Piel y mucosas secas. En este caso, el “signo del pliegue” en la piel es positivo



*Figura A4. Signo del pliegue positivo* <sup>[23]</sup>

- Debilidad
- Taquicardia leve
- Hipertermia (aumento de la temperatura) leve
- Hipotensión (presión arterial baja) leve, debida a la disminución del líquido extracelular
- Náuseas
- Hormigueo en algún miembro
- En los bebés, se observa un hundimiento de la fontanela



Figura A5. Hundimiento de la fontanela <sup>[22]</sup>

### I.7.3 Deshidratación grave

Las pérdidas de líquidos corporales pueden llegar a ser de hasta un 15% (más de un 15% de pérdida suele ser mortal) <sup>[8]</sup>.

Una deshidratación grave sin tratamiento puede llegar a ocasionar <sup>[17]</sup>:

- Desnutrición por fuertes diarreas
- Músculos espásticos (con contracciones continuas) o convulsiones
- Extremidades frías y cianóticas (de color azul violáceo)



Figura A6. Extremidades cianóticas <sup>[24]</sup>

- Delirio
- Obnubilación
- Estupor
- Estado de shock
- Colapso cardiovascular
- Aumento de la hipotensión arterial
- Aumento de la frecuencia arterial (taquicardia)
- Aumento de la hipertermia, llegando a fiebres altas



- Daño cerebral permanente

Este caso puede llegar a ser una emergencia potencialmente mortal (en un lapso de 3 a 5 días) si no se trata rápidamente y se restablece el proceso de deshidratación.

## I.8 TIPOS DE HIPERHIDRATACIÓN

Al igual que ocurre con la deshidratación, la hiperhidratación se puede clasificar en tres tipos, dependiendo del aumento del líquido corporal:

- Hiperhidratación leve
- Hiperhidratación moderada
- Hiperhidratación grave

## I.9 PRINCIPALES SÍNTOMAS Y SIGNOS DE DESHIDRATACIÓN

Los síntomas producidos por la deshidratación se vuelven cada vez más severos a medida que aumenta la pérdida de líquidos en el organismo.

Entre los principales síntomas y signos de la deshidratación se encuentran, por orden creciente de gravedad, los siguientes <sup>[7]</sup>:

- Sequedad de las mucosas, lo que provoca sed.

Siendo la sed el signo fundamental de la deshidratación mientras no existan trastornos de conciencia.

- Ausencia o disminución de la secreción de orina, o también llamada oliguria. Produciendo a su vez un aumento del residuo urinario (de proteínas y sales), lo que visualmente hace que la orina aparezca de color amarillo oscuro <sup>[18]</sup>.
- Falta de fuerza o disminución de rendimiento (decaimiento).
- Fatiga mental y física.
- Letargo y somnolencia.
- Ausencia de lágrimas.
- Dolor de cabeza.

- Presión sanguínea baja al incorporarse demasiado rápido (hipotensión ortostática)
- Alteración de los niveles de glucosa de la sangre (diabetes descompensada)
- Irritabilidad.
- Lengua y labios secos o pegajosos. Ausencia de salivación.
- Ojos hundidos y ojeras muy notorias.
- Náuseas.
- Trastornos en la deglución (que es el paso del alimento desde la boca al estómago mediante un acto continuo, integrado y completo en el que intervienen ciertos músculos)
- Piel seca. Huevo axilar seco.
- Turgencia deficiente de la piel. Esto se puede comprobar con el “signo del pliegue” en la piel, que se aprecia al pellizcarla un poco, sin clavar la uña, y ver que por falta de elasticidad normal, el pliegue no vuelve a su sitio rápidamente. Esto es válido en cualquier paciente a excepción de personas con obesidad o con importantes cuadros de malnutrición.
- En el caso de los bebés, la fontanela (que es el punto blando en la parte superior de su cabeza) se aprecia hundida, y los pañales están secos durante periodos de tiempo mayores a 5 horas.
- Desvanecimientos.
- Hormigueo en miembros y extremidades.
- Demora en el llenado capilar.
- Aumento de la temperatura corporal (fiebre).
- Aumento de la frecuencia cardíaca y de la frecuencia respiratoria para compensar la disminución del volumen del plasma sanguíneo y de la presión arterial baja.
- Colapso de las venas.
- Contracciones musculares y convulsiones.
- Extremidades frías y cianóticas (de color azul violáceo)
- Obnubilación.
- Estupor.
- Estado de Shock.
- Delirio y alucinaciones.

- Colapso cardiovascular.
- Daño cerebral permanente.
- Coma.

## **I.10 PRINCIPALES SÍNTOMAS Y SIGNOS DE HIPERHIDRATACIÓN**

Desafortunadamente, los signos que presenta la hiperhidratación son similares a los de la deshidratación, lo que puede llegar a situaciones de confusión en una persona y agravarse el problema <sup>[15]</sup>.

Estos síntomas comunes pueden ser:

- Letargo
- Apatía
- Confusión o desorientación
- Mareos
- Inflamación de las extremidades
- Irritabilidad.
- Convulsiones
- Etc.

Ante este tipo de síntomas es conveniente consultar a un médico para evitar situaciones indeseadas y de mayor gravedad.

## **I.11 TRATAMIENTO PARA CASOS DE DESHIDRATACIÓN**

La deshidratación puede desaparecer rápidamente, ya que gran parte de sus síntomas pueden desaparecer en un periodo de tiempo pequeño (media hora o una hora) después de la ingesta de líquidos sin ninguna limitación, incluso con deshidrataciones de hasta el 10% del peso corporal.

Aunque es mejor tomar pequeñas cantidades de líquido frecuentemente, en vez de tratar de forzar una gran cantidad de líquido de una sola vez, ya que la ingesta de grandes cantidades de líquido de una sola vez puede producir incluso más vómitos.

Pero para corregir un estado de deshidratación no es suficiente sólo con la reposición de agua, si no que también deben reponerse los electrolitos perdidos en el proceso.

Las soluciones de electrolitos (como bebidas isotónicas) pueden ser muy efectivas, además de estar disponibles en muchos establecimientos. Sin embargo hay otras bebidas que no son tan recomendables, como por ejemplo las bebidas preparadas para deportistas que contienen mucho azúcar, lo que puede agravar una diarrea; o las bebidas que contienen cafeína (café, té, refrescos de cola,...), ya que la cafeína en sí es un diurético <sup>[15]</sup>.

Igualmente, el uso de agua como primer recurso de reemplazo de líquidos en bebés y niños, puede no ser muy conveniente y habría que evitarlo.

Se ha de beber siempre que se tenga sed. No es aconsejable beber demasiada agua al día sin que el cuerpo lo pida, puesto que podríamos provocar un envenenamiento por agua, es decir, lo que se conoce como hiperhidratación, explicada anteriormente.

Para los casos en los que la deshidratación puede considerarse moderada o grave, puede llegar a ser necesaria la hospitalización del paciente y allí realizarle una administración de líquidos intravenosos. Ya en el hospital, el médico intentará determinar y posteriormente tratar la causa de esta deshidratación. Lo normal es perfundir glucosalino, sodio, potasio, cloro, magnesio,... es decir, una reposición rápida de las sales perdidas.

## **I.12 TRATAMIENTO PARA CASOS DE HIPERHIDRATACIÓN**

Su tratamiento depende hasta cierto punto de la causa que ha ocasionado este estado. Sin embargo, independientemente de cuál sea ésta, se debe restringir el consumo de líquidos. Beber menos de un litro de líquido diario generalmente disminuye la hiperhidratación al cabo de unos pocos días. Pero esta restricción de líquidos se debe realizar solamente bajo supervisión médica.

De forma excepcional, los médicos pueden llegar a prescribir algún tipo de diurético para aumentar y acelerar el proceso de excreción de líquido por parte de riñones.

## **I.13 SECTORES MÁS AFECTADOS**

Los sectores de la población que más sufren la deshidratación son los niños, los ancianos y los enfermos <sup>[5]</sup>.

Los bebés y los niños tienen más probabilidades de deshidratarse que los adultos, ya que su peso es menor y sus cuerpos asimilan el agua y los electrolitos con más rapidez <sup>[21]</sup>.

En un niño, la pérdida de líquidos corporales afecta a todos los espacios de su organismo, dependiendo su gravedad de la edad del niño, de la cantidad de líquido perdido y de la reposición o tiempo de reposición de los líquidos <sup>[19]</sup>.

En los países en vías de desarrollo, la deshidratación es uno de los trastornos más frecuente en la época de lactante <sup>[10]</sup>.

Así mismo, la deshidratación ocurre más rápidamente en las zonas geográficas con climas cálidos.

Para el caso de la hiperhidratación, afecta más a cuerpos en enfermos renales, ya que por ejemplo alcanzar una ingesta de más de 7 litros diarios no es muy difícil, sobre todo si por cada hora de ejercicio se ingieren unos 2 litros, y en cada una de las comidas se consume 1 litro de agua.

Por otro lado, si se considera que una de las causas de la hiperhidratación es el consumo de drogas, se centra más al sector de personas de edades comprendidas entre 20 y 24 años, extendido a todas las clases sociales, sin que exista una primacía entre las clases sociales más desfavorecidas.

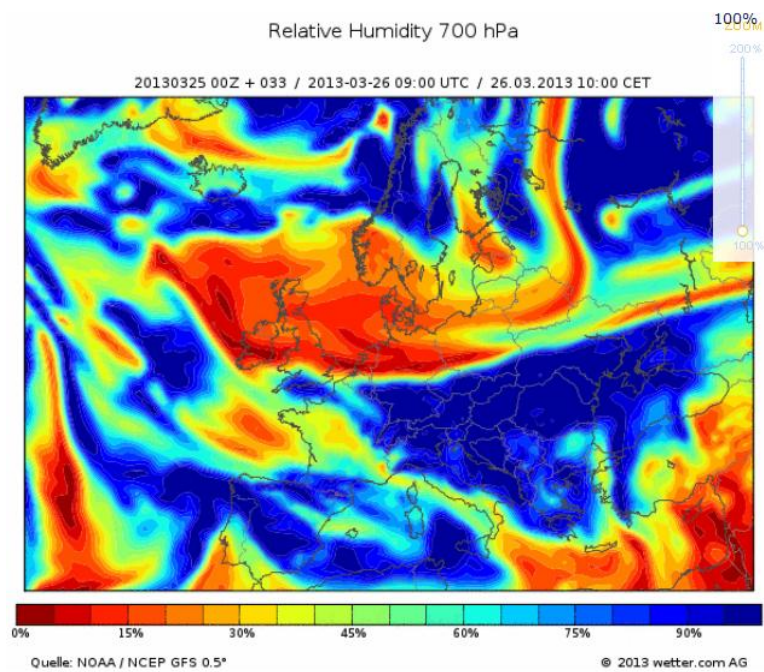


## Anexo II

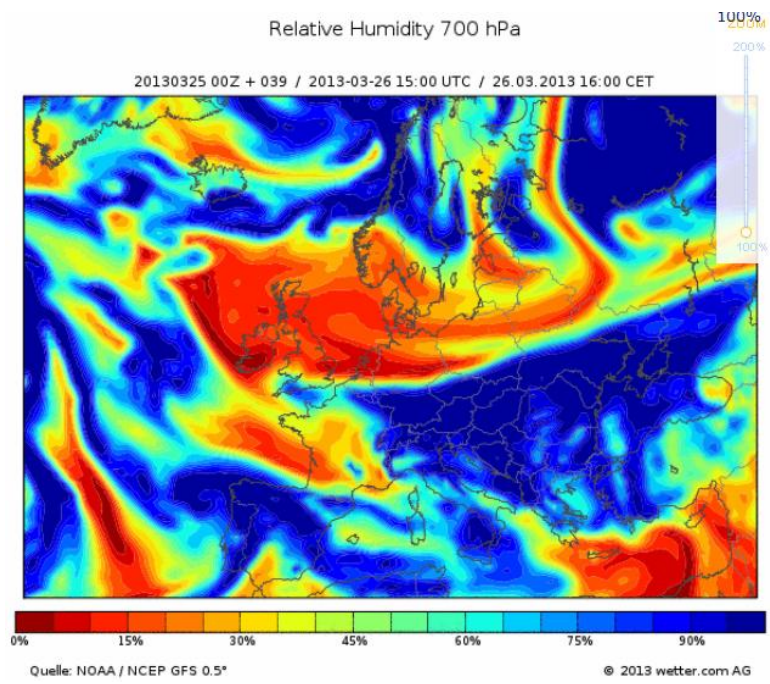
Las muestras de orina se tomaron los días siguientes, donde la humedad relativa oscilaba según las imágenes capturadas, en la web:

[http://www.eltiempo24.es/mapas\\_meteorologicos/humedad\\_relativa/](http://www.eltiempo24.es/mapas_meteorologicos/humedad_relativa/)

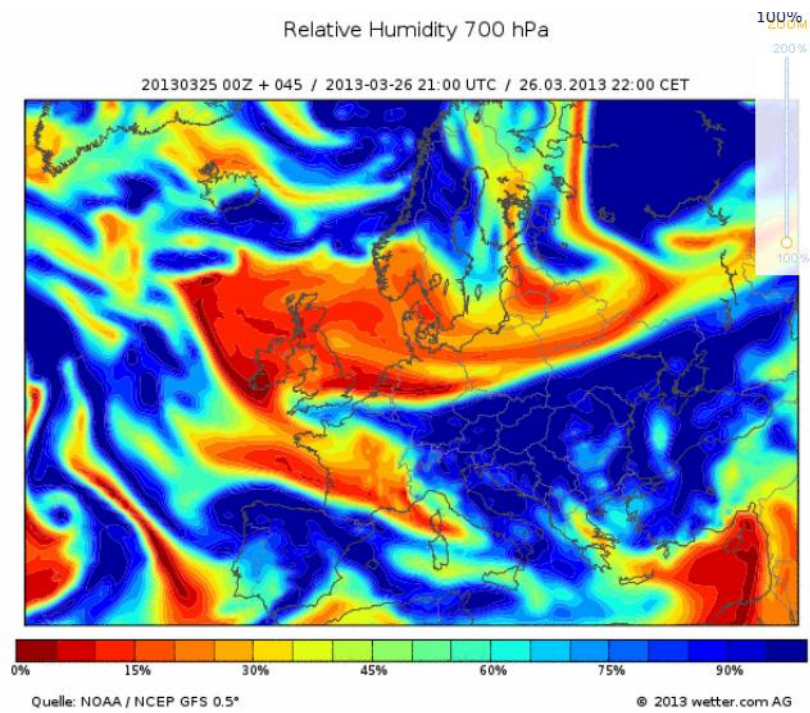
[A7]. Humedad relativa del día 26/03/2013 a las 09:00 horas



[A8]. Humedad relativa del día 26/03/2013 a las 15:00 horas

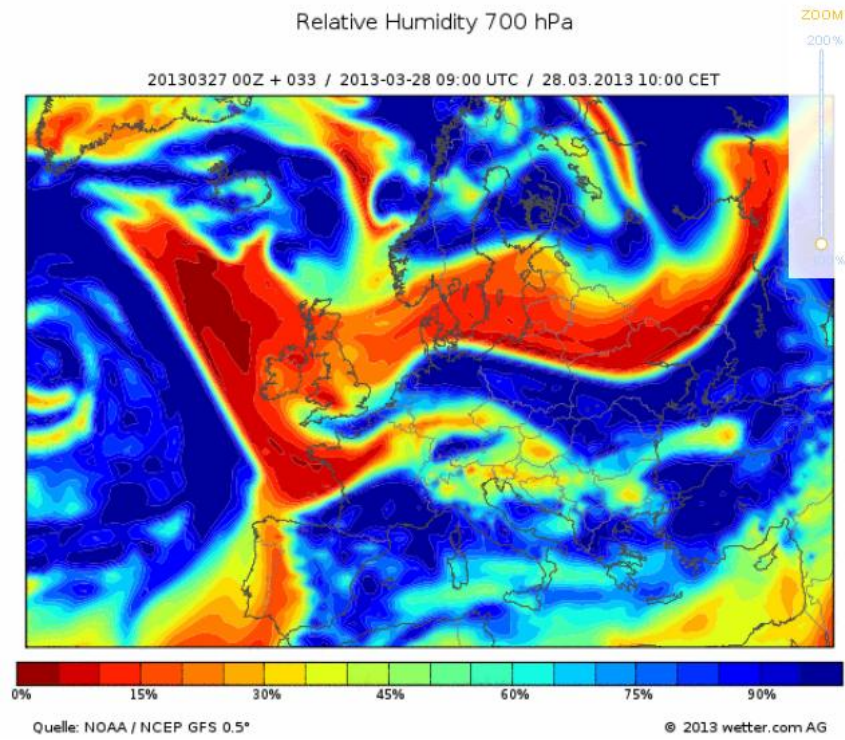


[A9]. Humedad relativa del día 26/03/2013 a las 21:00 horas

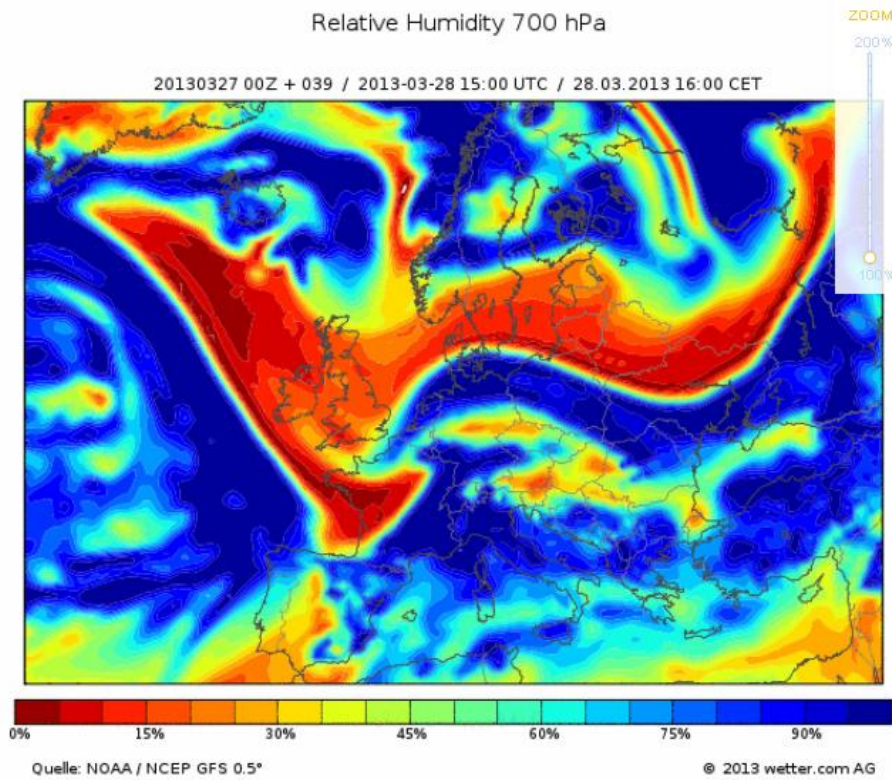




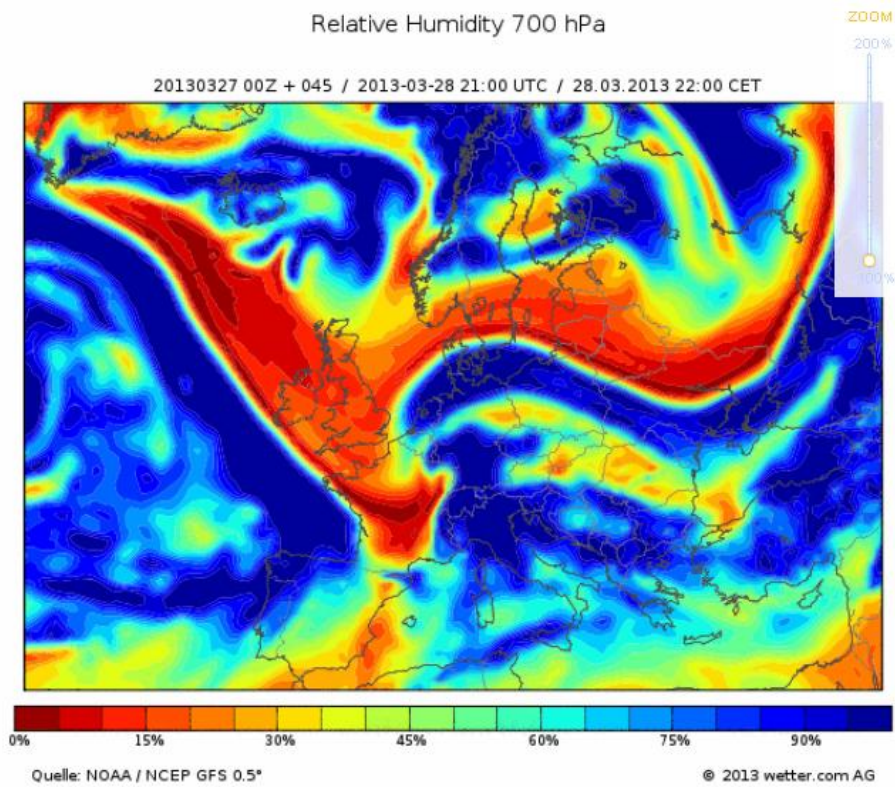
[A10]. Humedad relativa del día 28/03/2013 a las 09:00 horas



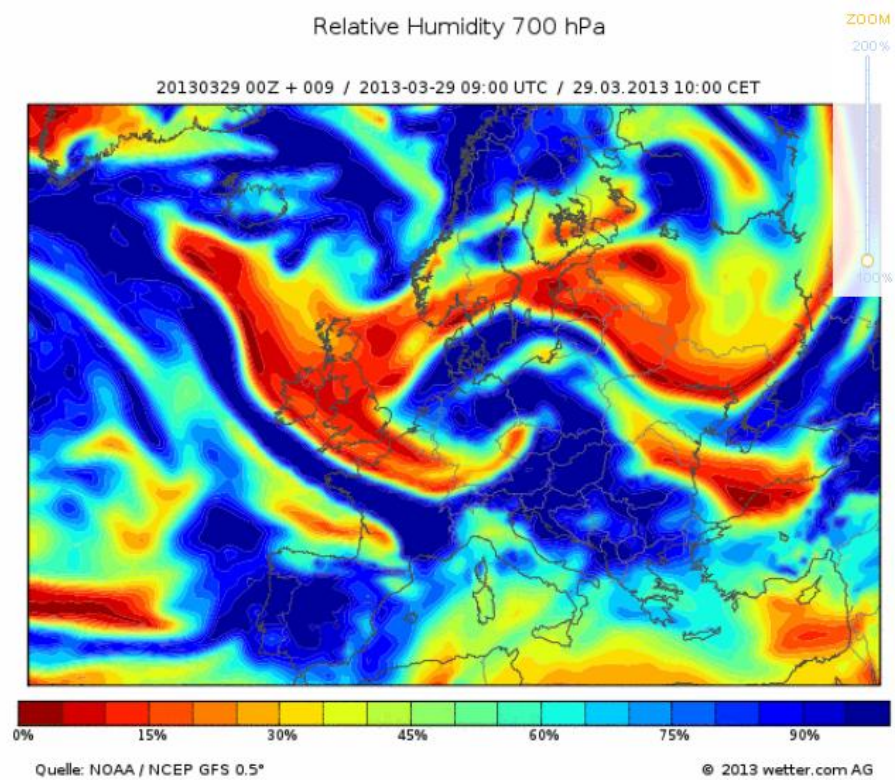
[A11]. Humedad relativa del día 28/03/2013 a las 15:00 horas



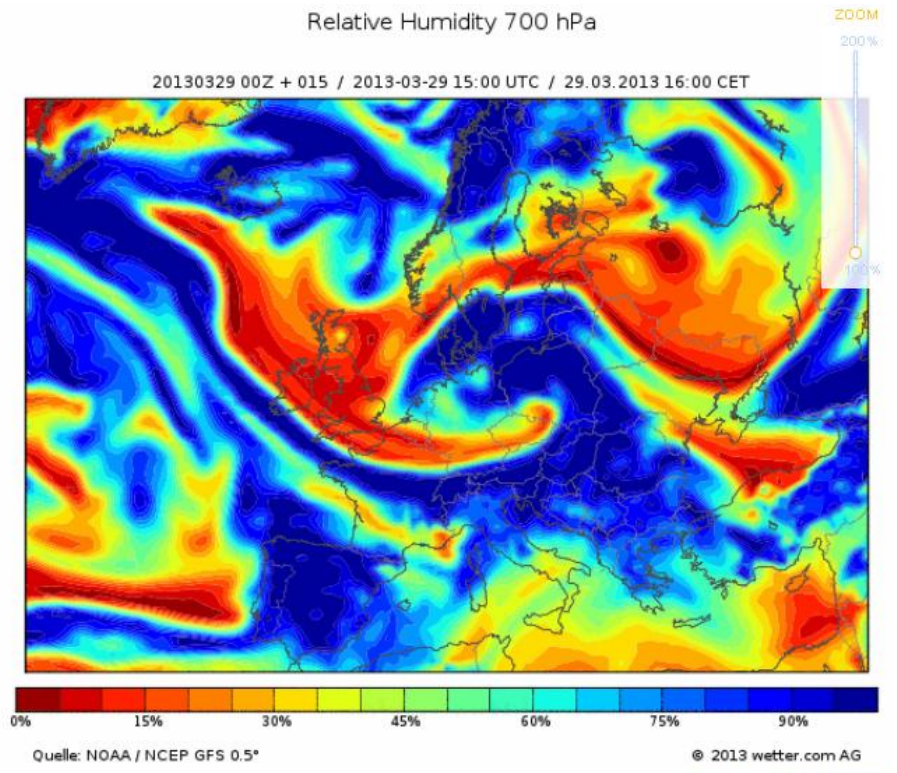
[A12]. Humedad relativa del día 28/03/2013 a las 21:00 horas



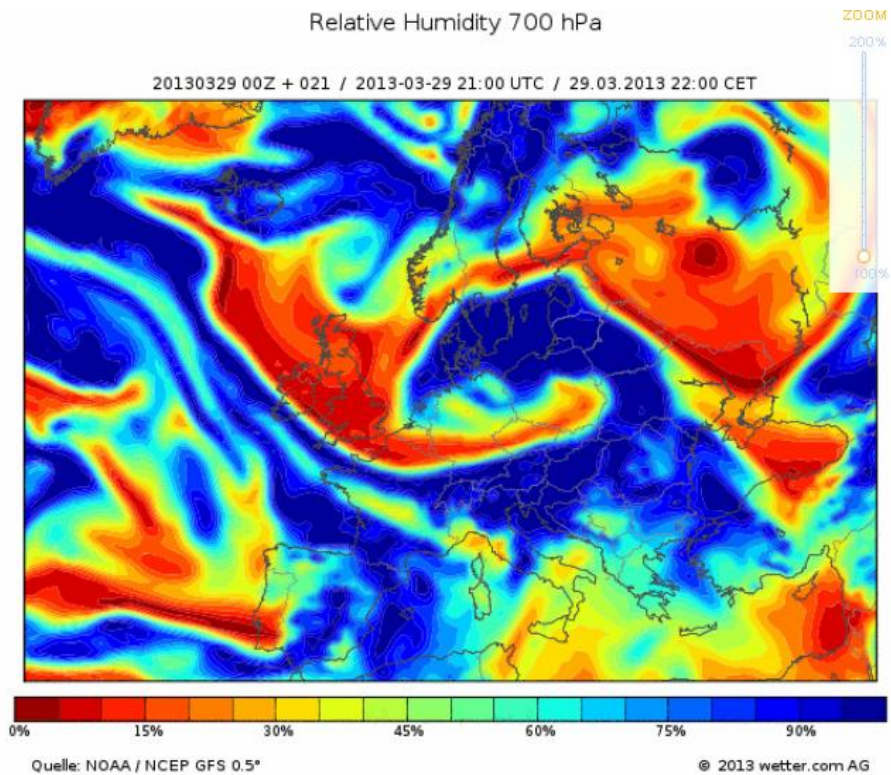
[A13]. Humedad relativa del día 29/03/2013 a las 09:00 horas



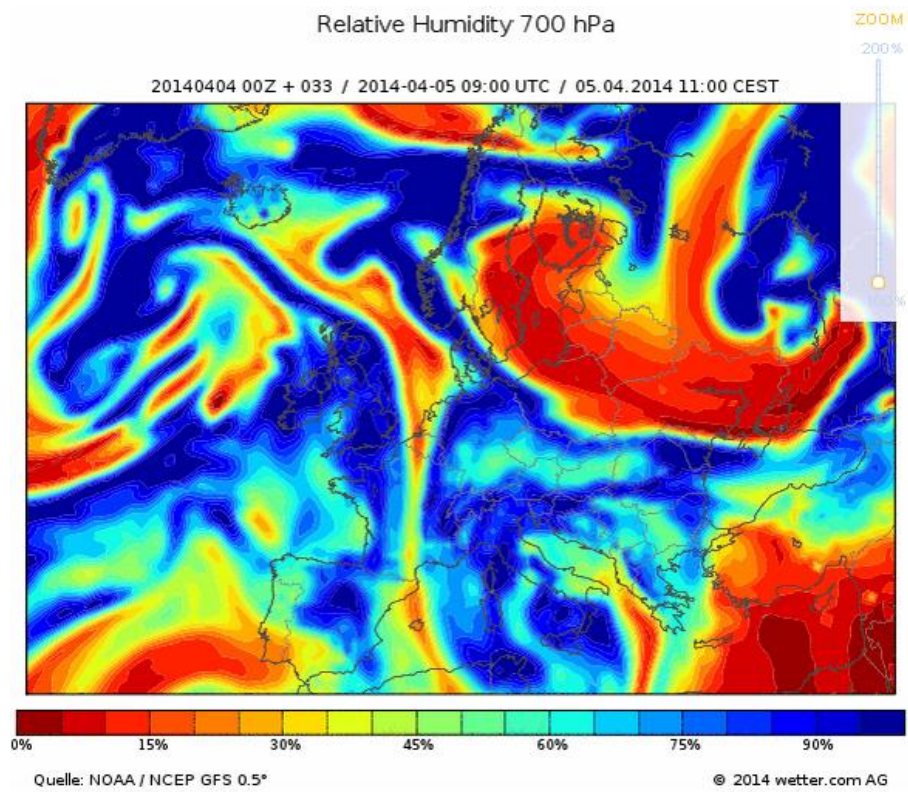
[A14]. Humedad relativa del día 29/03/2013 a las 15:00 horas



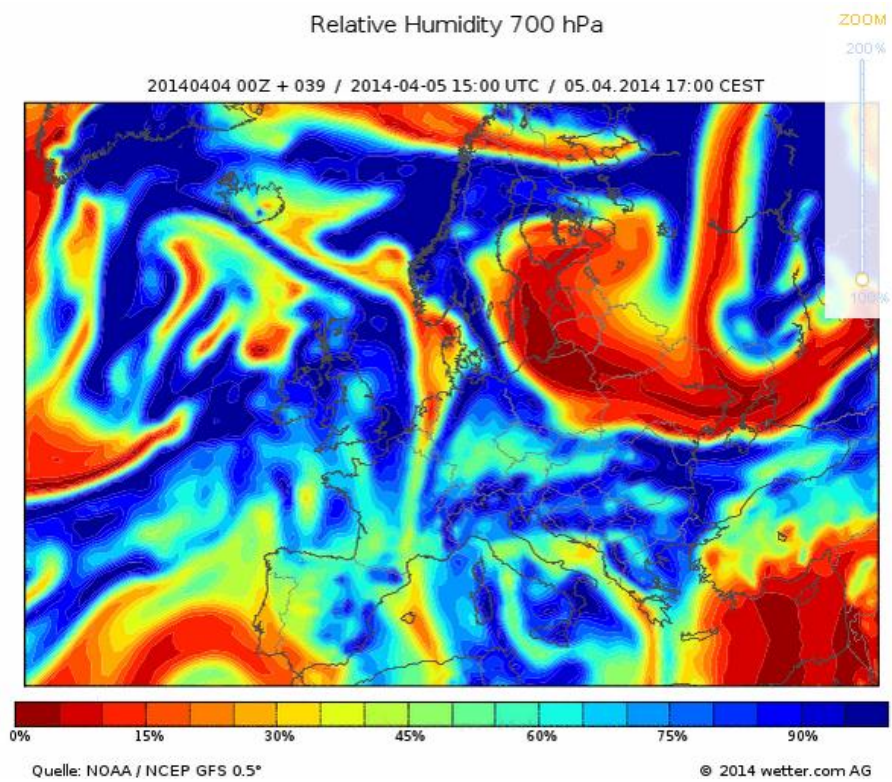
[A15]. Humedad relativa del día 29/03/2013 a las 21:00 horas



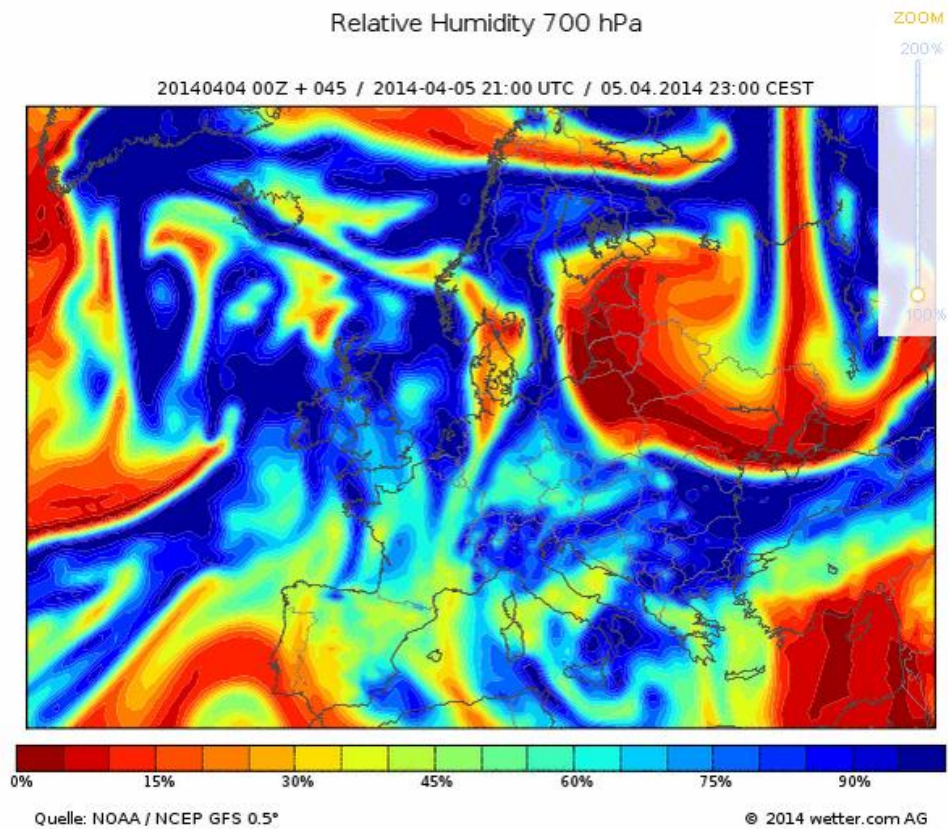
[A116]. Humedad relativa del día 05/04/2014 a las 09:00 horas



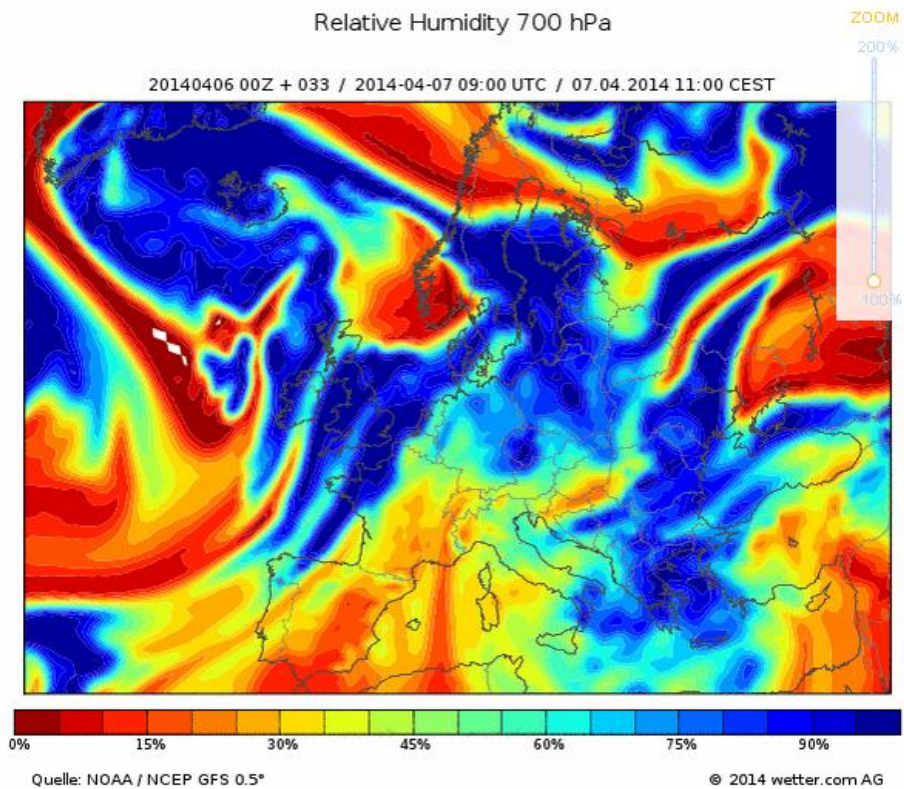
[A17]. Humedad relativa del día 05/04/2014 a las 15:00 horas



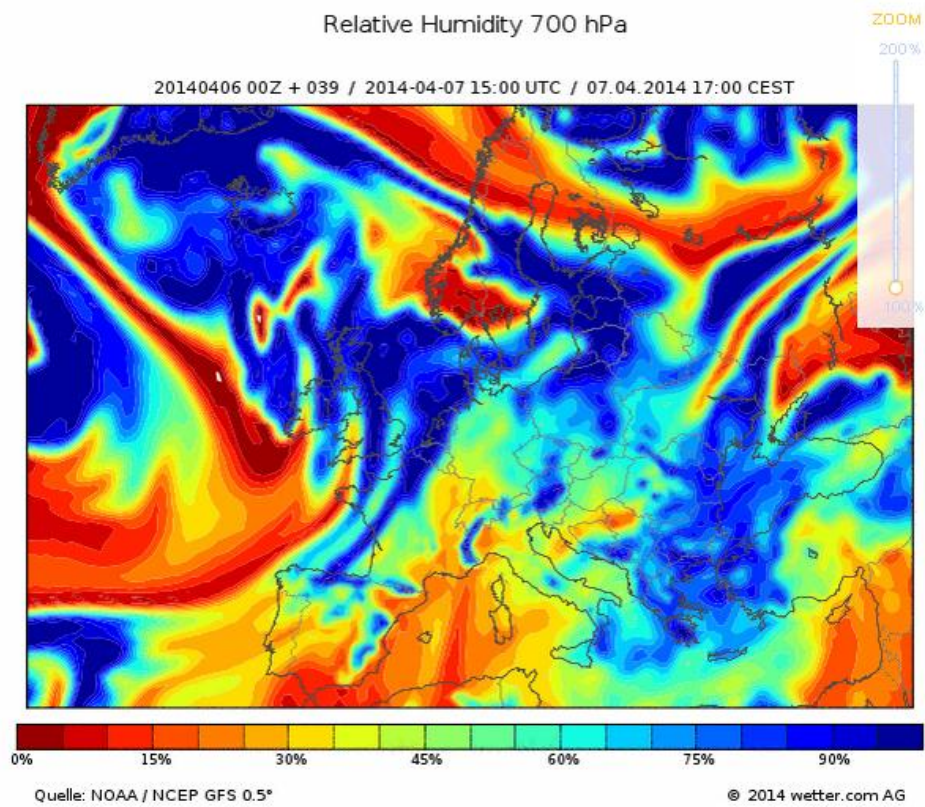
[A18]. Humedad relativa del día 05/04/2014 a las 21:00 horas



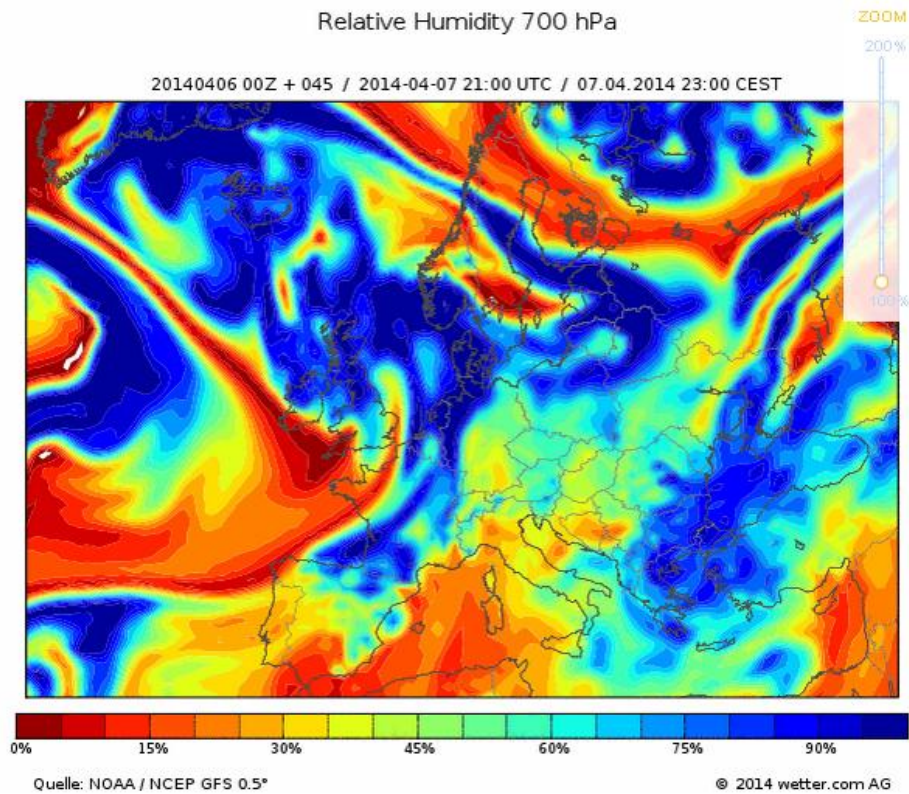
[A19]. Humedad relativa del día 07/04/2014 a las 09:00 horas



[A20]. Humedad relativa del día 07/04/2014 a las 15:00 horas



[A21]. Humedad relativa del día 07/04/2014 a las 21:00 horas



# Anexo III

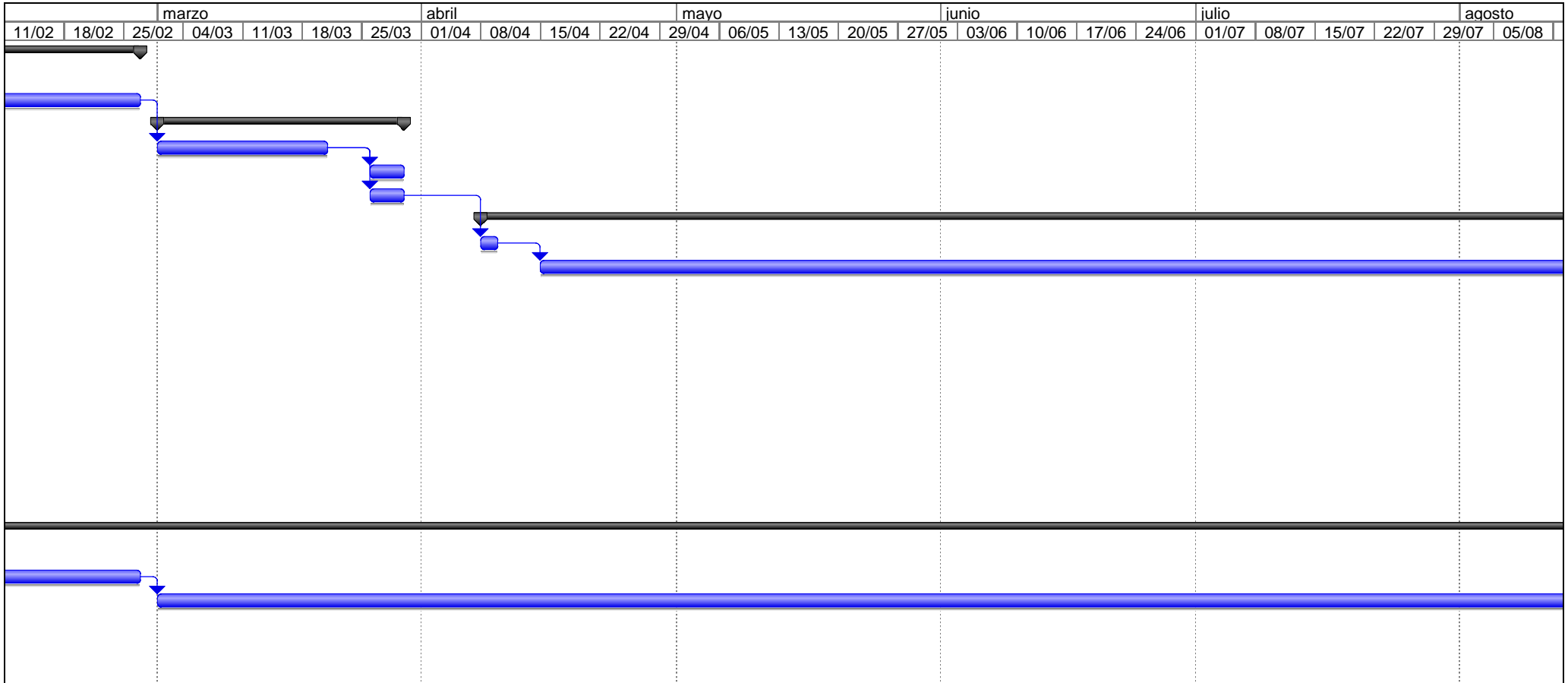
Diagrama de Gantt detallado

Id	Nombre de tarea	Duración	Comienzo	Fin	diciembre				enero				febrero							
					05/11	12/11	19/11	26/11	03/12	10/12	17/12	24/12	31/12	07/01	14/01	21/01	28/01	04/02	11/02	
1	<b>APRENDIZAJE Y BÚSQUEDA</b>	76 días?	mar 13/11/12	mar 26/02/13																
2	Información sobre deshidratación	50 días?	mar 13/11/12	lun 21/01/13																
3	Información de dispositivos	25 días?	mié 23/01/13	mar 26/02/13																
4	<b>RECOPILACIÓN DE LA PRIMA</b>	21 días?	vie 01/03/13	vie 29/03/13																
5	Elección de parámetros de	14 días?	vie 01/03/13	mié 20/03/13																
6	Obtención de muestras	4 días?	mar 26/03/13	vie 29/03/13																
7	Obtención de otros paráme	4 días?	mar 26/03/13	vie 29/03/13																
8	<b>ANÁLISIS DE RESULTADOS</b>	293 días?	lun 08/04/13	mié 21/05/14																
9	Instalación de Matlab	2 días?	lun 08/04/13	mar 09/04/13																
10	Clasificación de las muestr	258 días?	lun 15/04/13	mié 09/04/14																
11	Representación de Diagra	40 días?	jue 27/03/14	mié 21/05/14																
12	<b>RECOPILACIÓN DE LA SEGU</b>	2 días?	vie 04/04/14	lun 07/04/14																
13	Obtención de muestras	2 días?	vie 04/04/14	lun 07/04/14																
14	Obtención de otros paráme	2 días?	vie 04/04/14	lun 07/04/14																
15	<b>REGRESIÓN LINEAL MÚLTIPL</b>	37 días?	jue 22/05/14	vie 11/07/14																
16	Cálculo de coeficientes otr	33 días?	jue 22/05/14	lun 07/07/14																
17	Cálculo de la matriz de con	5 días?	lun 07/07/14	vie 11/07/14																
18	<b>INTERPRETACIÓN DE RESUL</b>	4 días?	mié 09/07/14	lun 14/07/14																
19	Conclusiones	4 días?	mié 09/07/14	lun 14/07/14																
20	Líneas futuras de trabajo	2 días?	vie 11/07/14	lun 14/07/14																
21	<b>MEMORIA</b>	437 días?	mar 13/11/12	mié 16/07/14																
22	Estructuración	2 días?	mar 13/11/12	mié 14/11/12																
23	Estado del arte	74 días?	jue 15/11/12	mar 26/02/13																
24	Clasificación y etiquetado c	287 días?	vie 01/03/13	lun 07/04/14																
25	Regresión lineal múltiple	37 días?	jue 22/05/14	vie 11/07/14																
26	Conclusiones y líneas futur	4 días?	mié 09/07/14	lun 14/07/14																
27	Correcciones	2 días?	mar 15/07/14	mié 16/07/14																

Proyecto: Gantt  
Fecha: sáb 12/07/14

Tarea		Tarea resumida		Tareas externas	
Progreso		Hito resumido		Resumen del proyecto	
Hito		Progreso resumido		Agrupar por síntesis	
Resumen		División		Fecha límite	















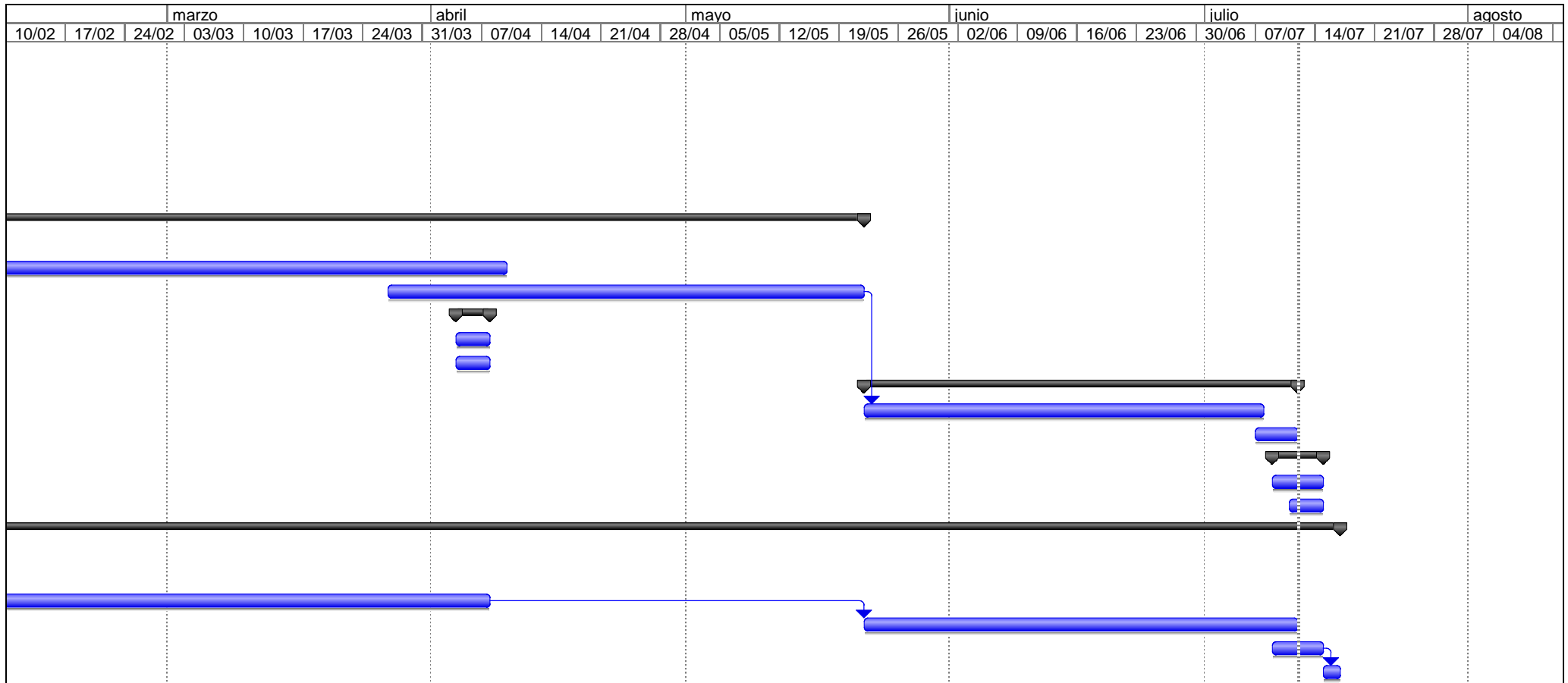


Proyecto: Gantt Fecha: sáb 12/07/14	Tarea		Tarea resumida		Tareas externas	
	Progreso		Hito resumido		Resumen del proyecto	
	Hito		Progreso resumido		Agrupar por síntesis	
	Resumen		División		Fecha límite	

			septiembre				octubre				noviembre				diciembre				enero			febrero				
12/08	19/08	26/08	02/09	09/09	16/09	23/09	30/09	07/10	14/10	21/10	28/10	04/11	11/11	18/11	25/11	02/12	09/12	16/12	23/12	30/12	06/01	13/01	20/01	27/01	03/02	

--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

Proyecto: Gantt Fecha: sáb 12/07/14	Tarea		Tarea resumida		Tareas externas	
	Progreso		Hito resumido		Resumen del proyecto	
	Hito		Progreso resumido		Agrupar por síntesis	
	Resumen		División		Fecha límite	



Proyecto: Gantt Fecha: sáb 12/07/14	Tarea		Tarea resumida		Tareas externas	
	Progreso		Hito resumido		Resumen del proyecto	
	Hito		Progreso resumido		Agrupar por síntesis	
	Resumen		División		Fecha límite	