

**UNIVERSIDAD NACIONAL
TORIBIO RODRÍGUEZ DE MENDOZA DE AMAZONAS**



FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS AGRARIAS

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL

**TESIS PARA OBTENER
EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERA AGROINDUSTRIAL**

**CINÉTICA DE DEGRADACIÓN DE LAS
ANTOCIANINAS EN EL SECADO DE LA CÁSCARA DE
BERRIES**

Autor (a): Bach. Dorila Esteffany Grandez Yoplac

Asesor: Ing. Diner Mori Mestanza

Co-asesor: Ing. Ms. Efraín Manuelito Castro Alayo

Registro: (.....)

CHACHAPOYAS – PERÚ

2021

DEDICATORIA

A Dios:

Por siempre guiarme y cuidarme en cada momento de mi vida, permitiéndome enfrentar y vencer cada circunstancia que se me presenta día a día ya que sin Él nada se puede lograr.

A mi madre:

Laritz Yoplac Acosta que su amor, su esfuerzo y apoyo incondicional me inspiro a seguir adelante en cada etapa de mi vida.

A mi hermano:

Kevin, por su apoyo incondicional y por alegrar situaciones difíciles de las que estuvo presente.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por darme fuerzas y nunca abandonarme para seguir adelante en todo momento y circunstancia de mi vida, a mi madre Laritza Yoplac Acosta, a quien admiró por su constancia y perseverancia al momento de alcanzar sus objetivos, gracias por brindarme la oportunidad de culminar mis estudios universitarios, pero sobre todo gracias por ser una fortaleza en mi vida, por su amor y confianza incondicional.

A la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza por haberme acogido en sus aulas permitiéndome adquirir conocimientos que me servirán durante mi vida profesional, gracias a todos los docentes que han sido una guía durante toda mi trayectoria estudiantil.

Al proyecto N° 137-2018-FONDECYT-BM-IADT-AV – BERRIES por hacer posible la obtención de reactivos y materiales necesarios para la realización de esta investigación.

A mis asesores Ing. Diner Mori Mestanza y Ms. Efraín Manuelito Castro Alayo, quienes con sus conocimientos ha dirigido mi trabajo de investigación.

A mis amigas Dani, Fiorela, María y Sheili que de una u otra manera han estado junto a mí apoyándome y brindándome su amistad en todo momento, gracias amigas.

A mi enamorado que estuvo brindándome su apoyo y paciencia en todo momento.

**AUTORIDADES DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL TORIBIO RODRÍGUEZ
DE MENDOZA DE AMAZONAS**

Dr. Policarpio Chauca Valqui

Rector

Dr. Miguel Ángel Barrena Gurbillón

Vicerrector Académico

Dra. Flor Teresa García Huamán

Vicerrectora de Investigación

Dr. Erick Aldo Auquiñivin Silva

Decano de la Facultad de Ingeniería y Ciencias Agrarias

VISTO BUENO DEL ASESOR DE TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO
PROFESIONAL



REGLAMENTO GENERAL
PARA EL OTORGAMIENTO DEL GRADO ACADÉMICO DE
BACHILLER, MAESTRO O DOCTOR Y DEL TÍTULO PROFESIONAL

ANEXO 3-K

VISTO BUENO DEL ASESOR DE TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL

El que suscribe el presente, docente de la UNTRM (Profesional externo (), hace constar que ha asesorado la realización de la Tesis titulada "Cinética de degradación de las antocianinas en el secado de la cáscara de Berries"; del egresado Dorila Estefany Grandez Yaplar de la Facultad de Ingeniería y ciencias Agrarias Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial de esta Casa Superior de Estudios.

El suscrito da el Visto Bueno a la Tesis mencionada, dándole pase para que sea sometida a la revisión por el Jurado Evaluador, comprometiéndose a supervisar el levantamiento de observaciones que formulen en Acta en conjunto, y estar presente en la sustentación.



Chachapoyas, 10 de Febrero de 2021

Firma y nombre completo del Asesor
Ing. Diner Mori Mestanza

VISTO BUENO DEL CO-ASESOR TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL



REGLAMENTO GENERAL
PARA EL OTORGAMIENTO DEL GRADO ACADÉMICO DE
BACHILLER, MAESTRO O DOCTOR Y DEL TÍTULO PROFESIONAL

ANEXO 3-K

VISTO BUENO DEL ASESOR DE TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL

El que suscribe el presente, docente de la UNTRM (x)/Profesional externo (), hace constar que ha asesorado la realización de la Tesis titulada "Cinética de degradación de las antocianinas en el secado de la cáscara de Berries" del egresado Darila Estefany Grández Yeolac de la Facultad de Ingeniería y Ciencias Agrarias Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial de esta Casa Superior de Estudios.

El suscrito da el Visto Bueno a la Tesis mencionada, dándole pase para que sea sometida a la revisión por el Jurado Evaluador, comprometiéndose a supervisar el levantamiento de observaciones que formulen en Acta en conjunto, y estar presente en la sustentación.



Chachapoyas, 10 de Febrero de 2021


Firma y nombre completo del Asesor
Ing. Ms. Efraín Samuelito Castro Alayo

JURADO EVALUADOR



Ing. Mg. Sc. Armstrong Barnard Fernández Jeri
Presidente



Ing. Ms. Robert Javier Cruzalegui Fernández
Secretario



Ing. MsC. Grobert Amado Guadalupe Chuqui
Vocal

CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD DE LA TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL



REGLAMENTO GENI
PARA EL OTORGAMIENTO DEL GRADO ACADÉ
BACHILLER, MAESTRO O DOCTOR Y DEL TÍTULO PROF

ANEXO 3-0

CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD DE LA TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL

Los suscritos, miembros del Jurado Evaluador de la Tesis titulada:

CINÉTICA DE DEGRADACIÓN DE LAS ANTOCIANINAS EN EL
SECADO DE LA CÁSCARA DE BERRIES

presentada por el estudiante () REGRESADO (X) DORIAN ESTEFFANY GRANDI YOPUC
de la Escuela Profesional de INGENIERÍA AGRICOLA INDUSTRIAL
con correo electrónico institucional 7110950542@untrm.edu.pe

después de revisar con el software Turnitin el contenido de la citada Tesis, acordamos:

- La citada Tesis tiene 20 % de similitud, según el reporte del software Turnitin que se adjunta a la presente, el que es menor / igual () al 25% de similitud que es el máximo permitido en la UNTRM.
- La citada Tesis tiene _____ % de similitud, según el reporte del software Turnitin que se adjunta a la presente, el que es mayor al 25% de similitud que es el máximo permitido en la UNTRM, por lo que el aspirante debe revisar su Tesis para corregir la redacción de acuerdo al Informe Turnitin que se adjunta a la presente. Debe presentar al Presidente del Jurado Evaluador su Tesis corregida para nueva revisión con el software Turnitin.

Chachapoyas, 05 de MARZO del 2021


SECRETARIO


PRESIDENTE


VOCAL

OBSERVACIONES:

ÍNDICE O CONTENIDO GENERAL

DEDICATORIA.....	ii
AGRADECIMIENTO.....	iii
AUTORIDADES DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL TORIBIO RODRÍGUEZ DE MENDOZA DE AMAZONAS.....	iv
VISTO BUENO DEL ASESOR DE TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL.....	v
VISTO BUENO DEL CO -ASESOR DE TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL.....	vi
JURADO EVALUADOR DE TESIS.....	vii
CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD DE LA TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL.....	viii
ACTA DE SUSTENTACION DE TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL.....	ix
ÍNDICE O CONTENIDO GENERAL.....	x
ÍNDICE DE TABLAS.....	xii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xiii
ÍNDICE DE ANEXOS	xiv
RESUMEN.....	xv
ABSTRACT.....	xvi
I. INTRODUCCIÓN.....	17
II. MATERIAL Y MÉTODOS.....	20
2.1. Muestras.....	20
2.2. Obtención de extractos.....	20
2.3. Proceso de secado de cáscara de zarzamora.....	20
2.4. Cuantificación de antocianinas.....	21
2.5. Determinación del contenido fenólico total.....	22
2.6. Capacidad antioxidante.....	22
2.7. Modelo matemático de la cinética de secado de cáscara de zarzamora.....	22
2.8. Modelo cinético para la degradación de las antocianinas.....	23
2.9. Degradación del contenido de antocianinas.....	24
2.10. Análisis estadístico.....	24
III. RESULTADOS.....	25

3.1. Secado cinético.....	25
3.2. Cinética de degradación de las antocianinas.....	28
3.3. Contenido fenólico total y actividad antioxidante.....	30
IV. DISCUSIÓN.....	31
V. CONCLUSIONES.....	35
VI. RECOMENDACIÓN.....	36
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	37
Anexos.....	43

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Modelos de secado seleccionados para describir los procesos de secado de la cáscara de zarzamora.	23
Tabla 2. Modelos cinéticos ajustados al proceso de secado de la cáscara de zarzamora.	25
Tabla 3. Constante de reacción en la cinética de degradación de las antocianinas durante el proceso de secado de la cáscara de zarzamora	29

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Modelo logarítmico ajustado al proceso de secado de la cáscara de zarzamora.	27
Figura 2. Cinética de la degradación de las antocianinas durante el secado de la cáscara de zarzamora (A) y evolución de la degradación de las antocianinas de la cáscara de las zarzamoras durante el proceso de secado (B).....	28
Figura 3. Contenido de humedad frente al contenido de antocianinas para el proceso de secado de zarzamoras.....	29
Figura 4. Evolución del TPC (A) y AC (B) de cáscara de zarzamora durante el proceso de secado.....	30
Figura 5. Curva de calibración del ácido gálico para la determinación de fenoles totales por el método de Folin – Ciocalteu.....	99
Figura 6. Curva de calibración del trolox.	99
Figura 7. Preparación de muestras para secado.	100
Figura 8. Obtención de extractos	100
Figura 9. Procedimientos para la determinación de compuestos fenólicos y capacidad antioxidante.....	101
Figura 10. Extractos mezclados con buffer pH (tampón de Cloruro de Potasio, 9,7 ml) pH 1,0 y pH 4,5 (tampón Acetato de Sodio, 9,7 ml).	102
Figura 11. Lectura de absorbancias para antocianinas, compuestos fenólicos y capacidad antioxidante.....	102

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Identificación taxonómica de zarzarmora.	43
Anexo 2. Modelos de curva de secado	44
Anexo 3. Curva de calibración para determinar fenoles totales.	99
Anexo 4. Curva de calibración para determinar capacidad antioxidante.....	99
Anexo 5. Fotografías de la investigación.....	100

RESUMEN

En la presente investigación se evaluó la cinética de degradación de antocianinas en la cáscara de zarzamora. Las cáscaras de zarzamora fueron sometidos a seis temperaturas (40, 50, 60, 70, 80 y 90 °C) y nueve tiempos (1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 y 9 horas). Se realizó la determinación de antocianinas, fenoles totales, capacidad antioxidante y cinética de degradación, mediante los métodos de pH diferencial, Folin-Ciocalteu y capacidad antioxidante equivalente a Trolox respectivamente y ajustando diferentes modelos matemáticos para el proceso de secado se llegó a la conclusión que el modelo de Logaritmico es el mejor en representar el proceso de secado. En todos los tratamientos se logró apreciar la degradación de las antocianinas y el incremento de los fenoles totales y la capacidad antioxidante producto de la concentración debido a la evaporación de agua con el incremento de la temperatura. Concluyendo así que el impacto de las temperaturas y los diferentes tiempos al que son sometidos ocasiona la degradación de las antocianinas.

Palabras clave: Zarzamora, cinética de degradación, antocianinas, compuestos fenólicos, capacidad antioxidante.

ABSTRACT

In the present investigation, the kinetics of anthocyanin degradation in blackberry peel were evaluated. The blackberry peels were subjected to six temperatures (40, 50, 60, 70, 80 and 90 ° C) and nine times (1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 and 9 hours). The determination of anthocyanins, total phenols, antioxidant capacity and degradation kinetics was carried out by means of the differential pH methods, Folin-Ciocalteu and antioxidant capacity equivalent to Trolox respectively and adjusting different mathematical models for the drying process, it was concluded that The Logarithmic model is the best to represent the drying process. In all the treatments, the degradation of anthocyanins and the increase in total phenols and the antioxidant capacity product of the concentration due to the evaporation of water with the increase in temperature was observed. Thus concluding that the impact of temperatures and the different times to which they are subjected causes the degradation of anthocyanins.

Keywords: Blackberry, degradation kinetics, anthocyanins, phenolic compounds, antioxidant capacity.

I. INTRODUCCIÓN

En estudios realizados a subproductos de frutas (bagazo, tallos, semillas y cáscaras), se ha evidenciado la presencia de compuestos bioactivos beneficiosos para la salud humana, entre los que se tiene a los compuestos fenólicos, en la cascara y semilla de bayas pequeñas se encuentran del 60-70% de los compuestos, las antocianinas (cianidina-3- O-glucósido, cianidina-3- O- rutinosida y del fi nidin-3- O- glycosyde) son las más importantes, perteneciente al grupo flavonoides (Paula et al. 2017), en varias frutas los compuestos fenólicos la concentración es más alta en la cáscara que en la fruta. (Paula et al. 2014) En los últimos años, muchos investigadores han demostrado que los residuos obtenidos a partir del procesamiento de frutas pequeñas, como la mora, arándano, uva, manzana, granada y fresa son ricas fuentes de antocianinas. (Paula et al. 2018)

De acuerdo con Lima et al. (2019) los compuestos fenólicos (CF) provenientes de los metabolitos secundarios de las plantas encontrados en frutas, vegetales, té, vino y miel forman un amplio grupo de estos. Las antocianinas son las responsables de los colores azul, púrpura, violeta y rojo de las flores, verduras, frutas y derivados, son solubles en agua y no son tóxicos. Las antocianinas son compuestos fenólicos pertenecientes al grupo de los flavonoides siendo las máximas representantes de pigmentos naturales en plantas vasculares. (Paula et al. 2018) . Las antocianinas corresponden al glicósido o acil-glicósido de antocianidinas (también conocidos como aglicones) y están situados en la vacuola de la célula, principalmente en la cáscara de los frutos. (Paula et al. 2018).

Paula et al. (2018) aseguraron que la gran atracción que estos compuestos ganaron se debe a su gran potencial como colorante natural y sus propiedades bilógicas como antioxidantes, antiinflamatorio, anticancerígena, antimutagénico y quimio-protectora.

Las antocianinas que se encuentran en las moras son importantes por los efectos beneficiosos para la salud asociados con su propiedades antioxidantes, antiinflamatorias y quimiopreventivas. Hace tiempo que se ha establecido que la cianidina-3-glucósido y cianidin-3-rutinoside son las respectivas antocianinas mayor y menor en moras (Bowen-forbes, Zhang, and Nair 2010) (Elisia et al.

2007). Las antocianinas son colorantes naturales solubles en agua, responsable del color típico de moras, y los que han sido considerados como posibles sustitutos de colorantes de síntesis, además de jugar papel importante en la nutrición humana.

Los polifenoles contribuyen a prevenir enfermedades degenerativas y sus beneficios sobre la salud se atribuye principalmente a su propiedad antioxidante. (Paula et al. 2014)

Los antioxidantes son moléculas que neutralizan la acción de los radicales libres presentes en el organismo e impiden que se produzcan daños celulares, puesto que evitan la formación de procesos oxidativos. Existen dos tipos de antioxidantes, los primarios que son producidos en el organismo y que para activarse requieren del consumo de alimentos ricos en minerales, como por ejemplo la catalasa que se activa en presencia del hierro y los secundarios que provienen del consumo diario de algunos alimentos como frutas, vino, infusiones de té. Cuando no se origina un proceso de defensa eficiente por parte de los antioxidantes en el organismo, se genera una formación de radicales libres y a este fenómeno se lo conoce también como estrés oxidativo. (Gruesas, Vinificación, and Rubus 2013)

La mora ha sido considerada por los consumidores, por su alto valor nutricional, y también por su beneficio para la salud tanto física como mental, además de un alto contenido de fibras, vitaminas y minerales esenciales; la mora es una fuente importante de compuestos fenólicos, como ácidos fenólicos, taninos, elagitaninos, flavonoides y antocianinas. (Paula et al. 2014) (Zhao et al. 2017) las antocianinas son tintes naturales solubles en agua, responsables del color típico de moras, y que se han considerado como posibles sustitutos de colorantes sintéticos, aparte de ser muy importante en la alimentación de los humanos. Las antocianinas son compuestos fácilmente inestables con exposición al oxígeno, pH, temperatura, enzimas, luz e iones metálicos, lo que reduce el color y la calidad de los alimentos. (Fan et al. 2018)

La mora se ha utilizado en la industria alimentaria para producir zumos, helados, yogures y jaleas. Sin embargo, el procesamiento de las moras genera alrededor del 20% de los residuos, que se componen principalmente de piel y semillas, y aún contienen altas cantidades de compuestos bioactivos. Por lo tanto, la extracción

de componentes de los desechos alimentarios como la mora es de gran interés para agregar valor a los materiales que normalmente se descartan. (Luis et al. 2014)

Pavan, Schmidt, and Feng (2012); Bonat et al. (2016) mencionan que el secado disminuye la actividad de agua de los productos reprimiendo el crecimiento microbiano y reduciendo las reacciones de degradación, generando mayor estabilidad; este es una de las maneras más eficientes de conservar los alimentos, el inconveniente que presenta este método es la degradación de los compuestos bioactivos que son sensibles al calor por la utilización de temperaturas altas. Estas últimas tienen un impacto en la estabilidad de las antocianinas (Wang and Xu 2007), lo que genera la reducción de antocianinas y del contenido fenólico. (Blank et al., 2018).

Según lo realizado por Nemzer et al. (2018) los cuales sometieron frutas enteras descongeladas a 70°C a un secado por aire caliente (AC), 20 horas para las cerezas, 16 horas y 32 horas para fresas y arándanos respectivamente, y tuvo como resultado la pérdida antocianinas totales (CAT).

Vásquez-Parra et al., (2013) realizaron el secado por convección forzada a 60°C con humedades relativas entre 68% y 70%, las muestras fueron sometidas durante 10 horas; mientras que Wu et al. (2010), plantearon secar moras utilizando aire caliente en un secador convencional a 50°C y RH 50% por 48 horas.

El objetivo de esta investigación fue evaluar la cinética de degradación de antocianinas durante el proceso de secado de cáscara de berrie; para ello las muestras se sometieron a diferentes tiempos y temperaturas.

II. MATERIAL Y MÉTODOS

2.1.Muestras

La zarzamora (*Rubus roseus* Poir) fue recolectada del distrito de Santo Tomas, provincia de Luya.

La zarzamora en estado de madurez comercial se transportó en contenedores herméticos en cadena de frío, hasta el Laboratorio de Biotecnología Agroindustrial ubicada en la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza – Amazonas (UNTRM), donde fueron seleccionadas las frutas que no contenían daños físicos visibles, se lavaron con agua destilada y almacenó en congelación a -18°C hasta su posterior evaluación.

2.2.Obtención de extractos

Los extractos se obtuvieron pesando dos gramos de cada muestra, adicionando 8 ml de una mezcla de etanol-agua (50:50 v/v) conforme a lo expuesto por (Fu et al. 2011) , con algunas variaciones. La extracción se inició agitando la muestra en un vortex por 2 minutos, dejando reposar por 30 minutos a temperatura ambiente. Después, el extracto se colocó en una centrifuga por 30 minutos a 5000 rpm/min, filtrado el sobrenadante y fue recogido en tubos de plástico con tapa para su posterior análisis.

2.3.Proceso de secado de cáscara de zarzamora

Se expusieron 20 gramos de cáscara de zarzamora a diferentes tiempos (0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 y 9 horas) y temperaturas (40, 50, 60, 70, 80 y 90 ° C) de secado en un horno de esterilización (Ecocell, EC.55ECO, USA) y la humedad se midió con un analizador de humedad (Mettler Toledo, Excellence Plus HX204, USA). Todos los resultados de humedad se expresaron en base seca (kg de agua / kg de muestra seca) (Singh & Heldman, 2009). Los análisis de contenido de agua se realizaron por cuadruplicado. Los resultados se expresaron como valores medios.

Según (Sandoval-torres and Barriada-bernal 2017), el contenido de sólidos secos (DS), expresado en gramos de sólido seco (gds), se calculó utilizando la Ec. (1), como sigue:

$$DS = W_t(1 - X_{wb}) \quad (1)$$

Donde: X_{wb} es el contenido de agua, base húmeda (g de agua / gws) en el momento t y W_t es el peso de la muestra (g) en el momento t.

2.4. Cuantificación de antocianinas

Según Jiang et al. (2018), el contenido de antocianinas monoméricas se determinó mediante el método de diferencial de pH con alguna modificación. En resumen, se mezcló una alícuota (0,3 ml) de muestra con soluciones de pH 1,0 (tampón de cloruro de potasio, 9,7 ml) y pH 4,5 (tampón de acetato de sodio, 9,7 ml), respectivamente, y se equilibró durante 30 min a temperatura ambiente en la oscuridad. Se utilizó un espectrofotómetro visible (Unico, S2100, Dayton, NJ, EE. UU.) Para medir la absorbancia a 510 nm y 700 nm (Wang and Xu 2007), utilizando agua como referencia. El contenido total de antocianinas se calculó como equivalente de cianidin-3-glucósido mediante la siguiente ecuación, (2):

$$\text{Antocianinas totales (mg/L)} = A * MW * DF * 1000 / (\epsilon * 1) \quad (2)$$

Donde: $A = [(A_{510} - A_{700})_{pH\ 1.0} - (A_{510} - A_{700})_{pH\ 4.5}]$; MW (peso molecular) = 449,2 g / mol para cianidin-3-glucósido; DF = factor de dilución (9,7 / 0,3) (Fan et al. 2018); 1 = longitud del camino en cm; ϵ = coeficiente de extinción molar 26.900 en L / mol / cm para cianidin-3-glucósido; 1000 = conversión de g a mg. Todos los análisis realizaron por cuadruplicado (n = 4).

Para comparar el efecto de la condición de secado sobre la concentración de antocianina, las unidades de medida se expresaron en base seca (gds) usando la Ec. (3), como sigue:

$$\text{Concentración de antocianinas} \left[\frac{mg}{g_{ds}} \right] = \frac{C_{ea} * V_s}{1000 * DS} \quad (3)$$

Donde: C_{ea} es la concentración de antocianina (mg / L); V_s es el volumen de la solución usada para la extracción (mL) y DS (gds) son los sólidos secos en la muestra usada para medir la concentración calculada de acuerdo con la Ec. (1) (Sandoval-torres and Barriada-bernal 2017)

2.5. Determinación del contenido fenólico total

El contenido fenólico total (TPC) en extractos acuosos se determinó de acuerdo con el procedimiento de Folin-Ciocalteu (Lamuela-ravents 1999) (Pantelidis et al. 2007) . En resumen, se mezclaron 0,05 ml de extracto diluido y 0,45 ml de agua con 2,5 ml de reactivo de fenol de Folin-Ciocalteu diluido 1:10, seguido de 2 ml de carbonato de sodio al 7,5% (p / v). Después de 5 min a 50 °C, se midió la absorbancia a 760 nm usando un espectrofotómetro UV / Visible (Unico, S2100, EE. UU.). El contenido fenólico total se estimó a partir de una curva estándar de ácido gálico ($y = 0.0445x + 0.0377$, $R^2 = 0.9948$) y los resultados se expresaron como mg equivalentes de ácido gálico (GAE) / g de peso fresco.

2.6. Capacidad antioxidante

Según (Pérez-jiménez 2007), la actividad antioxidante (AC) se estimó a partir de una curva estándar Trolox para la cual las soluciones estándar Trolox (2000 μM). Se preparó en matraces volumétricos de 10 mL, variando la concentración de 100 μM a 1500 μM . Se representaron gráficamente las concentraciones de Trolox (μM). Se mezcló un alícuota de 30 μl de extracto de cáscara de zarzamora con 3 ml de la solución de DPPH y se homogeneizó. Se dejó reposar 30 minutos a temperatura ambiente en la oscuridad. Se utilizó alcohol etílico como blanco para calibrar el espectrofotómetro. La lectura se realizó a 517 nm. Los resultados de la actividad antioxidante se expresaron como porcentaje de inhibición (I%) mediante la siguiente fórmula:

$$I (\%) = 100 - \left(\frac{Ae - Ab}{Ac} \right) * 100$$

Donde: Ae es la absorbancia del extracto, Ab es la absorbancia del blanco, Ac es la absorbancia de control.

2.7. Modelo matemático de la cinética de secado de cáscara de zarzamora

Según Martín-gómez et al. (2019), los modelos matemáticos comúnmente utilizados para procesos de secado (Tabla 1) utilizando el paquete “Agua de semilla” desarrollado por (Silva, 2020) en el software R Studio. En estos modelos,

MR representa la proporción de humedad medida durante el proceso de secado y k es la velocidad de reacción y t es el tiempo de secado.

Tabla 1. Modelos de secado seleccionados para describir los procesos de secado de la cáscara de zarzamora.

Nombre del modelo	Modelo
Page	$MR = \exp(-kt^n)$ (4)
Henderson & Pabis	$MR = a \exp(-kt)$ (5)
Newton	$MR = \exp(-kt)$ (6)
Logarithmic	$MR = a * \exp(-kt) + b$ (7)
Wang & Sing	$MR = 1 + at + bt^2$ (8)

2.8. Modelo cinético para la degradación de las antocianinas

Se utilizaron procedimientos de ajuste (Curve Expert Professional 2.6.5) para determinar las constantes de velocidad de reacción k para la degradación de la antocianina. Los modelos cinéticos generales de reacciones de orden cero, primero y segundo orden se utilizaron considerando las Ecs. (9), (10) y (11), respectivamente.

$$[A]_0 + [A] = kt \quad (9)$$

$$[A] = [A]_0 \exp(-kt) \quad (10)$$

$$\frac{1}{[A]} - \frac{1}{[A]_0} = kt \quad (11)$$

La vida media ($t_{1/2}$, h), que es el tiempo necesario para lograr una degradación de la antocianina del 50% a una temperatura determinada, se calculó mediante la ecuación (12) (Mercali, Jaeschke, and Tessaro 2013).

$$t_{1/2} = \frac{\ln(2)}{k} \quad (12)$$

Según Fernández-Romero et al., (2020), el efecto de la temperatura se evaluó mediante la ecuación de Arrhenius.

$$k = k_0 * e^{(-E_a/RT)} \quad (13)$$

La energía de activación E_a para la reacción de cada parámetro se determinó mediante regresión lineal de $\ln k$ versus $1/T$ por la Ec. (14) utilizando el software Curve Expert Professional 2.6.5.

$$\ln k = \ln k_0 - E_a/RT \quad (14)$$

Cuando: E_a (J / mol) es la energía de activación, R (8.3145 J / mol.K) es la constante universal de gas, k es la constante de velocidad de reacción y k_0 es el factor preexponencial.

2.9. Degradación del contenido de antocianinas

De acuerdo con (Martins et al. 2017) (Fernández-Romero et al., 2020) luego se calculó la degradación según la Eq. (15):

$$A\% = \left(\frac{A_i - A_t}{A_i} \right) * 100 \quad (15)$$

Donde: A_i es el contenido de antocianinas inicial en el tiempo 0 y A_t es el contenido de antocianinas en el tiempo t.

2.10. Análisis estadístico

Todos los resultados se expresaron como media \pm desviación estándar de cuatro réplicas para cada condición experimental y observación evaluada. La calidad de los datos experimentales de todos los modelos se evaluó utilizando el paquete “Agua de semillas”. Los criterios para seleccionar el mejor ajuste de los modelos fueron: los valores más altos de coeficiente de correlación (R^2) y el valor de error estándar más bajo. Todos los modelos cinéticos para la degradación de antocianinas se evaluaron mediante regresiones ANOVA ($p = 0,05$).

III. RESULTADOS

3.1. Secado cinético

Modelos de curva de secado

Tabla 2. Modelos cinéticos ajustados al proceso de secado de la cáscara de zarzamora.

Model	Drying temperature (°C)	Constants	RMSE	R ²
Page	40	$k = 0.557; n = 0.704$	0.100	0.835
	50	$k = 0.357; n = 0.764$	0.096	0.851
	60	$k = 0.358; n = 0.772$	0.093	0.869
	70	$k = 0.328; n = 0.884$	0.111	0.848
	80	$k = 0.420; n = 0.934$	0.091	0.906
	90	$k = 0.643; n = 0.770$	0.076	0.929
Henderson & Pabis	40	$k = 0.295; a = 0.774$	0.075	0.908
	50	$k = 0.203; a = 0.835$	0.079	0.899
	60	$k = 0.211; a = 0.851$	0.079	0.903
	70	$k = 0.240; a = 0.874$	0.100	0.876
	80	$k = 0.346; a = 0.887$	0.081	0.926
	90	$k = 0.434; a = 0.860$	0.068	0.943
Newton	40	$k = 0.387$	0.111	0.791
	50	$k = 0.249$	0.103	0.825
	60	$k = 0.253$	0.099	0.847

	70	$k = 0.275$	0.111	0.844
	80	$k = 0.386$	0.091	0.905
	90	$k = 0.503$	0.083	0.913
Logarithmic	40	$k = 0.264; a = 0.799; c = -0.035$	0.075	0.909
	50	$k = 0.047; a = 2.142; c = -1.362$	0.069	0.927
	60	$k = 0.061; a = 1.799; c = -1.002$	0.070	0.928
	70	$k = 0.042; a = 2.663; c = -1.859$	0.079	0.924
	80	$k = 0.231; a = 1.018; c = -0.163$	0.072	0.943
	90	$k = 0.378; a = 0.887; c = -0.041$	0.067	0.946
Wang & Sing	40	$a = -0.265; b = 0.018$	0.137	0.694
	50	$a = -0.189; b = 0.010$	0.115	0.788
	60	$a = -0.190; b = 0.010$	0.111	0.813
	70	$a = -0.192; b = 0.010$	0.114	0.841
	80	$a = -0.262; b = 0.017$	0.096	0.896
	90	$a = -0.301; b = 0.022$	0.113	0.841

El modelo que mejor se ajustó a los datos fue logarítmico con un R^2 promedio de 0.9295

Modelo Logarítmico

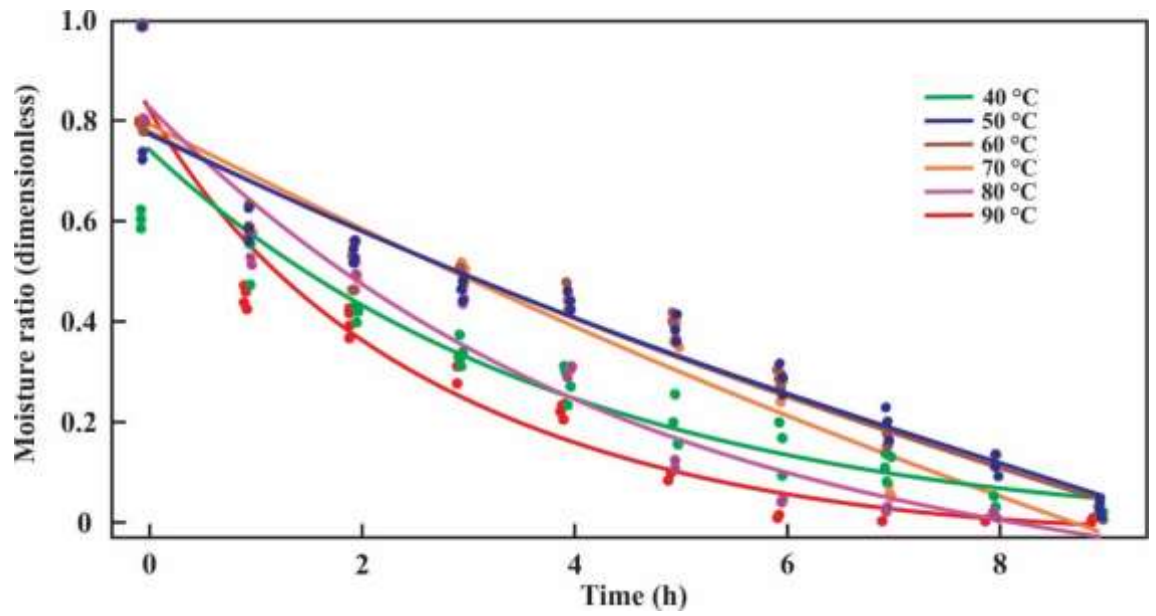


Figura 1. Modelo logarítmico ajustado al proceso de secado de la cáscara de zarzamora.

3.2. Cinética de degradación de las antocianinas

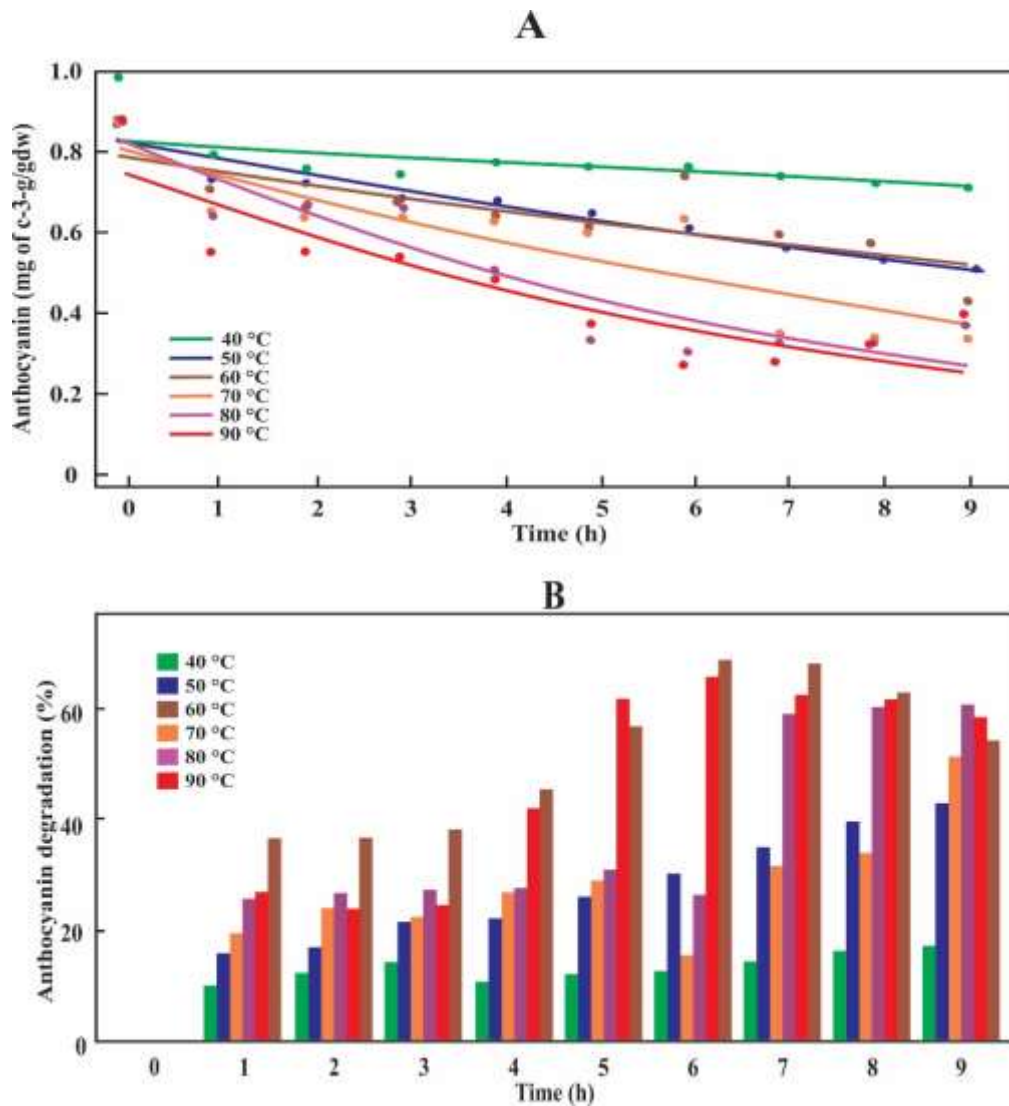


Figura 2. Cinética de la degradación de las antocianinas durante el secado de la cáscara de zarzamora (A) y evolución de la degradación de las antocianinas de la cáscara de las zarzamoras durante el proceso de secado (B)

La Figura 3 muestra que, a cualquier temperatura evaluada, el contenido de antocianinas aumenta proporcionalmente en relación directa con el contenido de humedad (ambos en base seca). Esto se debe a que a medida que aumenta la temperatura de secado, se produce una mayor evaporación del agua y por tanto aumentan los sólidos.

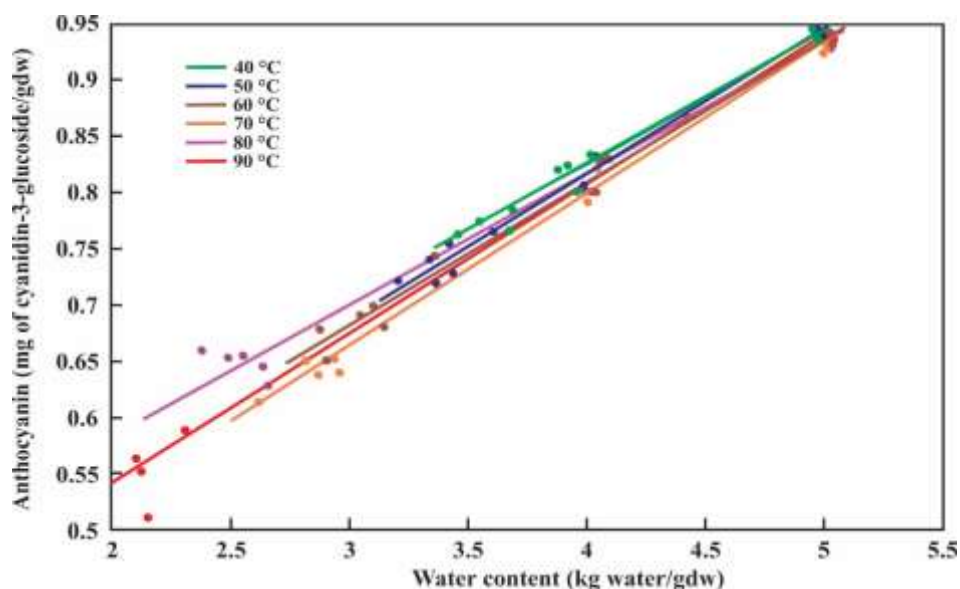


Figura 3. Contenido de humedad frente al contenido de antocianinas para el proceso de secado de zarzamoras.

Tabla 3. Constante de reacción en la cinética de degradación de las antocianinas durante el proceso de secado de la cáscara de zarzamora.

Temperatura (°C)	Investigación				(Costa, Silva, and Vieira 2018)*	
	k (h ⁻¹)	R^2	Error	$t_{1/2}$ (h)	k (min ⁻¹)	$t_{1/2}$ (h)
40	$1.51 \times 10^{-2} \pm 3.82 \times 10^{-3}$	0.660	0.027	45.90	4.04×10^{-4}	28.6
50	$5.45 \times 10^{-2} \pm 4.68 \times 10^{-3}$	0.946	0.028	12.72	4.47×10^{-4}	25.8
60	$4.71 \times 10^{-2} \pm 1.25 \times 10^{-2}$	0.648	0.073	14.72	6.95×10^{-4}	16.6
70	$8.54 \times 10^{-2} \pm 1.73 \times 10^{-2}$	0.771	0.087	8.12	8.67×10^{-4}	13.3
80	$1.26 \times 10^{-1} \pm 1.89 \times 10^{-2}$	0.861	0.079	5.50	1.08×10^{-3}	10.7
90	$1.21 \times 10^{-1} \pm 2.31 \times 10^{-2}$	0.779	0.090	5.73		

* Datos obtenidos para açaí

3.3. Contenido fenólico total y actividad antioxidante

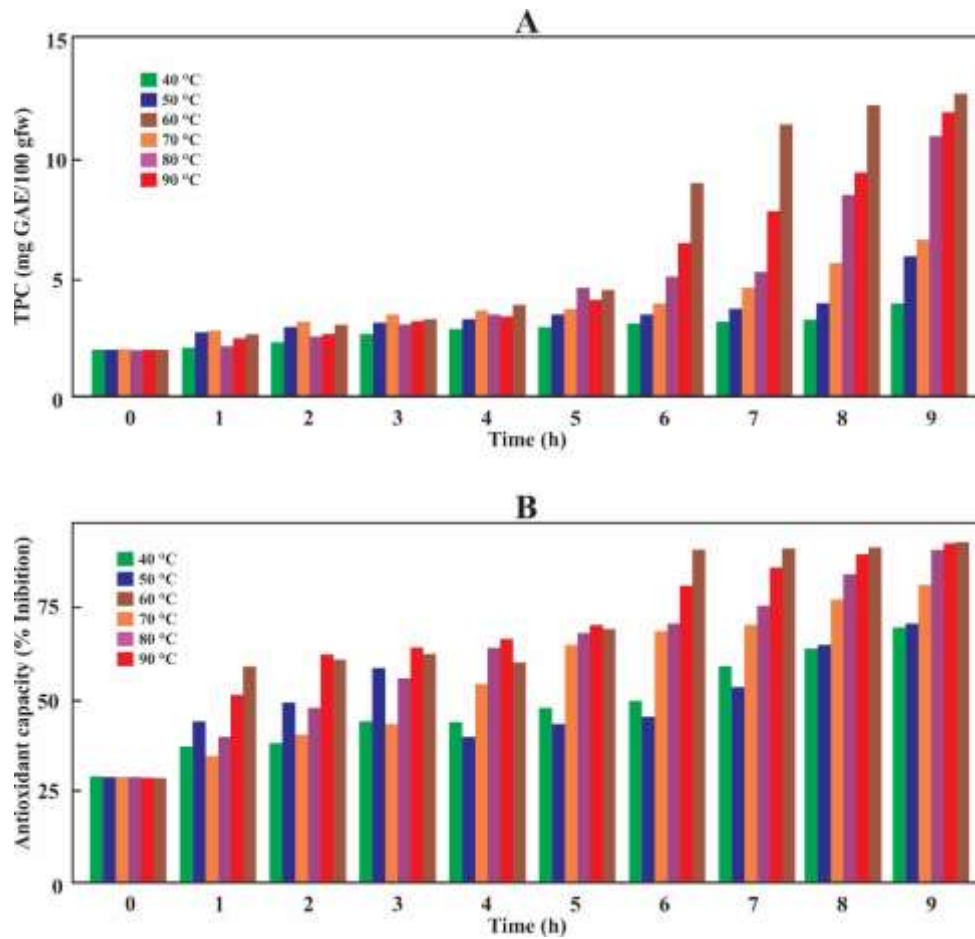


Figura 4. Evolución del TPC (A) y AC (B) de cáscara de zarzamora durante el proceso de secado.

IV. DISCUSION

Estudios han demostrado que la cianidina y las pelargonidinas son las únicas antocianinas en bayas del género *Rubus*, siendo la primera mucho más común. Las pelargonidinas generalmente se encuentran en pequeñas cantidades, aunque a veces se presentan como los principales pigmentos, como es el caso para *R. pileatus*. Los frutos que poseen glucósidos de pelargonidina como las principales antocianinas suelen tener un color rojo anaranjado. Se encontró que las frambuesas negras poseen un mayor contenido de antocianinas (hasta 400 mg / 100 g) que las moras (<150 mg / 100 g), seguido de las frambuesas rojas (20-60 mg / 100 g), naranja frambuesas (0.3-8.7 mg / 100 g) y finalmente, las frambuesas amarillas (0-3,4 mg / 100 g). Se encontró que *R. acuminatus* poseen la mayor cantidad de antocianinas, seguida de *R. racemosus*, *R. jamaicensis*, *R. idaeus* cv. Heritage y *R. rosifolius* (2199, 1882, 1672, 314 y 146 mg / 100 g de peso fresco respectivamente). (Bowen-forbes, Zhang, and Nair 2010).

La Figura 1 muestra los datos experimentales de relación de humedad versus tiempo a diferentes temperaturas para el proceso de secado de la cáscara de zarzamora, al que se ha ajustado el modelo logarítmico. Con este modelo, podemos predecir que la cáscara de zarzamora puede alcanzar el contenido de humedad de equilibrio en 8 horas a una temperatura de secado de 80 o 90 °C, mientras que a 40 °C se necesita un tiempo de secado de 9 h. También se puede observar que a valores de temperatura superiores a 70 °C, existe una mayor disminución en la relación de humedad; lo cual coincide con lo mencionado por Martín-gómez et al. (2019) ; Valeria et al. (2016); esto prueba que el aumento de temperatura favorece la tasa de eliminación de agua en la cáscara de zarzamora.

El modelado cinético es una herramienta útil para predecir la afectación del proceso térmico en la degradación de las antocianinas (Zhao et al. 2017). Modelos matemáticos reportados en la literatura, como el de Lewis, de Page, de Henderson-Pabis, de Wang-Singh, logarítmico, de Midilli-Kucuk y de Weibull, utilizados para secar diversas bayas (Sun and Zhang 2019). En este trabajo se han ajustado diferentes modelos cinéticos (Tabla 1) para describir el proceso de secado de la cáscara de zarzamora, los parámetros de evaluación se muestran en la (Tabla 2). El modelo logarítmico es que representa mejor el proceso de secado

de la cáscara de zarzamora, porque tuvo un mejor ajuste, mostrando un R^2 que variaba de 0.909 a 0.943 y RMSE de 0.067 a 0.079 para todos los parámetros de temperatura estudiados. El análisis de varianza realizado para cada valor de humedad fue significativo a un nivel de $p < 0.05$. También se encontró que para la temperatura de 90 °C el modelo de Henderson & Pabis tiene un buen ajuste con RMSE de 0.068 y R^2 de 0.943. El modelo peor ajustado fue Wang & Sing con un RMSE de 0,096 a un R^2 de 0,137. En otros estudios, (Martín-gómez et al. 2020) estudiaron el proceso de secado convectivo del arándano. El modelo de Page fue el mejor modelo para los procesos de secado a 30 y 50 °C, mientras que, a 40 °C, el mejor modelo fue el modelo de aproximación de difusión. En el trabajo de (Ross et al. 2020) cinética de secado de las bayas, el modelo de Page se ajusta mejor a los datos experimentales. (López-vidaña et al. 2019) muestran que el modelo Midilli-Kuçük proporciona el mejor ajuste a los datos experimentales de secado solar explicando el comportamiento de Blackberry porque presentó los valores más altos de R^2 (0,9932 y 0,9970). Con base en los resultados obtenidos, podemos afirmar que el modelo logarítmico se puede utilizar para predecir el proceso de secado de la cáscara de zarzamora.

La antocianina no solo contribuye a la apariencia del color de las frutas y verduras, sino que también tiene una amplia gama de beneficios relacionados con la salud, también son inestables y se degradan fácilmente con tratamientos térmicos (Zhang et al. 2020) (Elisia et al. 2007) reporta 17.1 ± 0.9 mg de cianidin-3-glucósido / g de extracto de mora crudo, el contenido de antocianinas de la zarzamora utilizada en la presente investigación fue de 0.88 ± 0.07 mg de cianidin-3-glucósido / gdw de muestra seca, lo que representa bajo contenido; esto puede deberse al solvente utilizado en la obtención de extractos, como se reportan Coklar and Akbulut (2017) quienes obtuvieron 40.68 ± 1.08 , 380.99 ± 1.55 y 360.99 ± 4.81 mg de cianidin-3-glucósido / 100 gpw para extracción con agua, etanol y metanol, respectivamente, para la baya Mahonia aquifolium. Esto también se puede corroborar con lo establecido por Yuan et al. (2020).

Sabiendo que las antocianinas son inestables al procesamiento térmico, se realizó el proceso de secado de la cáscara de zarzamora para analizar la degradación de las antocianinas mediante la evaluación de modelos cinéticos. Los resultados de

Professional Curve Expert al graficar los datos de concentración de antocianinas versus el tiempo, se ajustaron a un modelo cinético de primer orden (Figura 2A), coincidiendo con lo reportado por Qiu et al. (2017) ; Costa, Silva, and Vieira (2018); Mercali, Jaeschke, and Tessaro (2013). Esto sugiere que el modelo cinético de primer orden es adecuado para predecir la degradación de las antocianinas de la cáscara de zarzamora cuando se somete a temperaturas de secado entre 40 y 90 °C. La Figura 2B muestra la evolución de la degradación de las antocianinas durante el proceso de secado de la cáscara de zarzamora, se puede observar que la mayor degradación (68.54%) ocurrió durante las primeras 6 horas de secado a 90 °C, y posteriormente una etapa de estabilización hasta alcanzar el equilibrio de humedad 0.28 g de agua / gdw. (Sandoval-torres and Barriada-bernal 2017) realizaron un proceso de secado convectivo de fresas a 50 y 60 °C y 1.5 m² / s de velocidad del aire, reportan que se obtuvo una degradación de antocianinas de hasta 45% en los primero 100 minutos (1,67 h) y luego un período de estabilización hasta que se alcanza el equilibrio. (López-ortiz et al. 2020) realizaron un proceso de secado en bandeja de fresas, resultando que a 40 °C y 60 °C hubo una disminución en la concentración de antocianinas de 68,92% y 71,32%. Nuestros resultados muestran que, hasta 2 horas de secado a 60 °C, hubo una degradación del 23,66% de las antocianinas (retención del 76,34%), valores inferiores a los obtenidos por los autores mencionados. Estos resultados están relacionados con la bioactividad de las antocianinas y los alimentos que las contienen, que se verán más afectados por un tratamiento de calor alto que por uno menor (Chen et al. 2020) (Valeria et al. 2016)

La Tabla 2 resume los parámetros cinéticos calculados para cada temperatura evaluada. Se puede notar que la k aumenta a medida que aumenta la temperatura de secado, estos valores varían de $1.51 \times 10^{-2} \pm 3.82 \times 10^{-3}$ a $1.21 \times 10^{-1} \pm 2.31 \times 10^{-2} \text{ h}^{-1}$. (Costa, Silva, and Vieira 2018) estudiaron la degradación térmica de la antocianina de la pulpa de açai entre 40 °C y 80 °C, reportando una k de 4.04×10^{-4} a $1.08 \times 10^{-3} \text{ min}^{-1}$. (Qiu et al., 2017) investigaron la cinética de degradación de las antocianinas en rodajas de papa morada sometidas a secado por chorro de aire a diferentes temperaturas de secado (50, 65 y 80 °C). Informaron una k de $0,67 \times 10^2$ a $1,07 \times 10^2 \text{ min}^{-1}$. La Tabla 3 también muestra el tiempo de vida media ($t_{1/2}$) requerido para lograr una degradación de antocianinas del 50% a

una temperatura dada. Este parámetro disminuye a medida que aumenta la temperatura. El proceso muestra que, a 40 °C, este porcentaje de degradación de antocianinas se alcanzó a las 45 h (1,9 días). En el almacenamiento de jugo de frambuesa roja a 37 °C, el valor ($t_{1/2}$) para la degradación de las antocianinas totales fue de 9.2 días. Entonces, la diferencia podría deberse a las diferentes composiciones de antocianinas (Chen et al., 2020). Aplicando la ecuación de Arrhenius obtuvimos un valor de E_a de 36,93 kJ / mol, valores diferentes a los obtenidos por (Costa et al., 2018) (24,16 kJ / mol) y (Qiu et al., 2018) (72,18 kJ / mol).

Los valores de TPC aumentan a medida que aumenta el tiempo de secado (Figura 4A) debido al efecto de concentración de la muestra por evaporación del agua (Martín - Gómez et al., 2019), fenómeno observado cuando los datos de humedad se expresan en base húmeda. El comportamiento del TPC coincide con los resultados reportados por Martín - Gómez et al., (2019), pero difiere con los resultados reportados por Tan et al., (2021) y Zielinska y Michalska, (2016), debido a la forma en el que se han expresado los datos de humedad. Al expresarlos en base húmeda, el TPC aumenta y ocurre lo contrario cuando los mismos resultados se expresan en base seca. También se puede observar que a mayores temperaturas y tiempos hay un mayor aumento de TPC, por lo que se puede decir que estos parámetros provocan una mayor evaporación del agua.

Una propiedad significativa de las antocianinas es su capacidad antioxidante, que juega un papel importante en la prevención de enfermedades neuronales y cardiovasculares, cáncer y diabetes, entre otras (Patras et al., 2010). Una tendencia similar a la TPC se puede observar en el AC (Figura 4B) de la cáscara de zarzamora, mostrando que el mayor aumento en su porcentaje de inhibición ocurre a temperaturas de 60 a 90 °C durante las primeras 6 h de proceso. (Ross et al., 2020) afirma que el secado por convección a 70 °C maximiza la retención de la bioactividad de las antocianinas de orujo de bayas.

V. CONCLUSIONES

La cáscara de zarzamora presenta una concentración de 0.88 ± 0.07 mg de cianidin-3-glucósido/gdw de muestra seca, equivalente que puede ser aprovechado por la industria para la formulación de alimentos con principios bioactivos.

El mejor modelo que gobierna la cinética de degradación de las antocianinas de la cáscara de zarzamora durante el secado es el Logarítmico porque fue el que mejor se ajustó con R^2 que variaba de 0.909 a 0.943 y RMSE de 0.067 a 0.079, con este método se pudo predecir que la cáscara de zarzamora puede alcanzar la cantidad de humedad de equilibrio en 8 horas en temperaturas de secado de 80 o 90 °C y a 40°C se muestra a un tiempo de secado a 9 horas.

Se logró determinar los parámetros óptimos de tiempo y temperatura que generan una mínima degradación de antocianinas a 8 horas sometidas a 80°C.

Cuando disminuye el porcentaje de humedad, las antocianinas tienen una tendencia a disminuir por el efecto de la temperatura que afecta a estos compuestos bioactivos.

En relación al contenido de polifenoles totales y la actividad antioxidante en los extractos de cáscara de zarzamora, se observó un incremento en todos los procesos de secado respecto al contenido inicial, debido al efecto de concentración por la pérdida de agua, presentándose la mayor concentración a 90°C por 9 horas. Los valores de TPC Y AA aumenta con el incremento de temperatura porque estos procesos están influenciados por el efecto de concentración debido a la evaporación del agua.

VI. RECOMENDACIÓN

Se requiere realizar más investigación para la evaluación de la retención de compuestos bioactivos de frutos de zarzamora bajo diferentes condiciones de secado, cinética de secado junto con los cambios en las propiedades fisicoquímicas de la zarzamora.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Blank, D. E., Bellaver, M., Fraga, S., Lopes, T. J., & de Moura, N. F. (2018). Drying kinetics and bioactive compounds of *Bunchosia glandulifera*. *Journal of Food Process Engineering*, 41(4), e12676. <https://doi.org/10.1111/jfpe.12676>
- Bonat, Giovana, Rabie Khattab, Amyl Ghanem, and Marianne Su-ling Brooks. 2016. “Refractance Window TM Drying of Haskap Berry – Preliminary Results on Anthocyanin Retention and Physicochemical Properties.” *FOOD CHEMISTRY* 194: 218–21. <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodchem.2015.08.012>.
- Bowen-forbes, Camille S, Yanjun Zhang, and Muraleedharan G Nair. 2010. “Journal of Food Composition and Analysis Anthocyanin Content , Antioxidant , Anti-Inflammatory and Anticancer Properties of Blackberry and Raspberry Fruits.” 23: 554–60.
- Chen, Jin-yu, Jing Du, Meng-li Li, and Chun-mei Li. 2020. “LWT - Food Science and Technology Degradation Kinetics and Pathways of Red Raspberry Anthocyanins in Model and Juice Systems and Their Correlation with Color and Antioxidant Changes during Storage.” *LWT - Food Science and Technology* 128(August 2019): 109448. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2020.109448>.
- Coklar, Hacer, and Mehmet Akbulut. 2017. “Anthocyanins and Phenolic Compounds of *Mahonia Aquifolium* Berries and Their Contributions to Antioxidant Activity.” *Journal of Functional Foods* 35: 166–74. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jff.2017.05.037>.
- Costa, Henrique C B, Danylo O Silva, and Luiz Gustavo M Vieira. 2018. *Journal of Food Engineering School of Chemical Engineering – Universidade Federal de Uberlândia . Avenida João. Elsevier Ltd.* <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2018.07.007>.
- Elisia, Ingrid, Chun Hu, David G Popovich, and David D Kitts. 2007. “Food Chemistry Antioxidant Assessment of an Anthocyanin-Enriched Blackberry Extract.” 101: 1052–58.
- Fan, Linlin et al. 2018. “Copigmentation Effects of Phenolics on Color Enhancement and

- Stability of Blackberry Wine Residue Anthocyanins: Chromaticity, Kinetics and Structural Simulation.” *Food Chemistry*.
<https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2018.09.103>.
- Fernández-Romero, E., Chavez-Quintana, S. G., Siche, R., Castro-Alayo, E. M., & Cardenas-Toro, F. P. (2020). The Kinetics of Total Phenolic Content and Monomeric Flavan-3-ols during the Roasting Process of Criollo Cocoa. *Antioxidants*, 9(2), 146. <https://doi.org/10.3390/antiox9020146>
- Fu, Li et al. 2011. “Antioxidant Capacities and Total Phenolic Contents of 62 Fruits.” 129: 345–50.
- Gruesas, Lías, D E L A Vinificación, and D E Mora Rubus. 2013. “Universidad Tecnológica Equinoccial.”
- Jiang, Tian et al. 2018. “Beijing Engineering and Technology Research Center of Food Additives , Beijing Beijing Laboratory for Food Quality and Safety , Beijing Technology and Business.”
- Lamuela-ravents, Rosa M. 1999. “2,6-Di-Tert-Butyl-4-Hydroxytoluene.” 299(1974): 152–78.
- Lima, M C et al. 2019. “Microbial Pathogenesis A Review of the Current Evidence of Fruit Phenolic Compounds as Potential Antimicrobials against Pathogenic Bacteria.” *Microbial Pthogenesis* 130(March): 259–70. <https://doi.org/10.1016/j.micpath.2019.03.025>.
- López-ortiz, A et al. 2020. “Understanding the Drying Kinetics of Phenolic Compounds in Strawberries: An Experimental and Density Functional Theory Study.” *Innovative Food Science and Emerging Technologies* 60(December 2019): 102283. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2019.102283>.
- López-vidaña, Erick C et al. 2019. “Solar Drying Kinetics and Bioactive Compounds of Blackberry (Rubus Fruticosus).” (July 2018): 1–9.
- Luis, José et al. 2014. “The Journal of Supercritical Fluids Extraction of Antioxidant Compounds from Blackberry (Rubus Sp .) Bagasse Using Supercritical CO 2

- Assisted by Ultrasound.” *The Journal of Supercritical Fluids* 94: 223–33.
<http://dx.doi.org/10.1016/j.supflu.2014.07.019>.
- Martín-gómez, Juan, M Ángeles Varo, Julieta Mérida, and María P Serratos. 2019. “The Influence of Berry Perforation on Grape Drying Kinetics and Total Phenolic Compounds.” (February).
- Martín-gómez, J., Varo, M. Á., Mérida, J., & Serratos, M. P. (2020). LWT - Food Science and Technology Influence of drying processes on anthocyanin profiles , total phenolic compounds and antioxidant activities of blueberry (*Vaccinium corymbosum*). *LWT - Food Science and Technology*, 120(May 2019), 108931.
<https://doi.org/10.1016/j.lwt.2019.108931>
- Martins, Ligia M et al. 2017. “PT.” *Food Research International*.
<http://dx.doi.org/10.1016/j.foodres.2017.03.052>.
- Mercali, Giovana Domeneghini, Débora Pez Jaeschke, and Isabel Cristina Tessaro. 2013. “Degradation Kinetics of Anthocyanins in Acerola Pulp: Comparison between Ohmic and Conventional Heat Treatment.” *Food Chemistry* 136(2): 853–57.
<http://dx.doi.org/10.1016/j.foodchem.2012.08.024>.
- Nemzer, Boris et al. 2018. “Phytochemical and Physical Properties of Blueberries, Tart Cherries, Strawberries, and Cranberries as Affected by Different Drying Methods.” *Food Chemistry*. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2018.04.047>.
- Pantelidis, G E, M Vasilakakis, G A Manganaris, and Gr Diamantidis. 2007. “Food Chemistry Antioxidant Capacity , Phenol , Anthocyanin and Ascorbic Acid Contents in Raspberries , Blackberries , Red Currants , Gooseberries and Cornelian Cherries.” 102: 777–83.
- Paula, Ana et al. 2014. “Pressurized Liquid Extraction of Bioactive Compounds from Blackberry (*Rubus Fruticosus* L .) Residues : A Comparison with Conventional Methods.” *FRIN*. <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodres.2014.12.042>.
- Paula, A., Fonseca, D., Luiza, A., Pereira, D., Fernández, G., & Martínez, J. (2017). Recovery of anthocyanins from residues of *Rubus fruticosus* , *Vaccinium myrtillus* and *Eugenia brasiliensis* by ultrasound assisted extraction , pressurized liquid

- extraction and their combination. *Food Chemistry*, 231, 1–10.
<https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2017.03.060>
- Paula, A., Rezende, C. A., Rodrigues, A., Barbero, G. F., De, P., Vieira, T., & Martínez, J. (2018). AC. Powder Technology, #pagerange#. <https://doi.org/10.1016/j.powtec.2018.09.063>
- Pavan, Mariana A, Shelly J Schmidt, and Hao Feng. 2012. “LWT - Food Science and Technology Water Sorption Behavior and Thermal Analysis of Freeze-Dried , Refractance Window-Dried and Hot-Air Dried Açai (Euterpe Oleracea Martius) Juice.” *LWT - Food Science and Technology* 48(1): 75–81.
<http://dx.doi.org/10.1016/j.lwt.2012.02.024>.
- Pérez-jiménez, Jara. 2007. “Metodologia Científica : Determinação Da Atividade Antioxidante Total Em Frutas Pela Captura Do Radical Livre.” : 3–6.
- Qiu, Gan et al. 2017. “NU SC.” *Food Research International*.
<http://dx.doi.org/10.1016/j.foodres.2017.10.050>.
- Ross, K A et al. 2020. “Dried Berry Pomace as a Source of High Value- Added Bioproduct : Drying Kinetics and Bioactive Quality Indices.” *International Journal of Food Properties* 23(1): 2123–43.
<https://doi.org/10.1080/10942912.2020.1847144>.
- Sandoval-torres, Sadoth, and Gerardo Barriada-bernal. 2017. “Convective Drying Kinetics of Strawberry (Fragaria Ananassa): Effects on Antioxidant Activity, Anthocyanins and Total Phenolic Content.” *Food Chemistry*.
<http://dx.doi.org/10.1016/j.foodchem.2017.03.010>.
- Silva, A. R. da. (2020). seedwater: Models for Drying and Soaking Kinetics of Seeds (2.0) [Computer software]. <https://CRAN.R-project.org/package=seedwater>
- Singh, R. P., & Heldman, D. R. (2009). Introduction to food engineering (4th ed). Elsevier/Academic Press.
- Sun, Yanan, and Min Zhang. 2019. “Berry Drying : Mechanism , Pretreatment , Drying Technology , Nutrient Preservation , and Mathematical Models.” (Vc).

- Tao, Y., Li, D., Siong Chai, W., Show, P.L., Yang, X., Manickam, S., Xie, G., Han, Y., 2021. Comparison between airborne ultrasound and contact ultrasound to intensify air drying of blackberry: Heat and mass transfer simulation, energy consumption and quality evaluation. *Ultrason. Sonochem.* 72, 105410. <https://doi.org/10.1016/j.ultsonch.2020.105410>
- Valeria, V, Issis Quispe-fuentes, Pilar Rojas, and Roberto Lemus-mondaca. 2016. “LWT - Food Science and Technology Changes in Bioactive Components and Antioxidant Capacity of Maqui , *Aristotelia Chilensis* [Mol] Stuntz , Berries during Drying.” 65.
- Vásquez-Parra, J. E., Ochoa-Martínez, C. I., & Bustos-Parra, M. (2013). Effect of chemical and physical pretreatments on the convective drying of cape gooseberry fruits (*Physalis peruviana*). *Journal of Food Engineering*, 119(3), 648–654. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2013.06.037>
- Wang, Wei-dong, and Shi-ying Xu. 2007. “Degradation Kinetics of Anthocyanins in Blackberry Juice and Concentrate.” 82: 271–75.
- Wu, Ruyi, Balz Frei, James A Kennedy, and Yanyun Zhao. 2010. “LWT - Food Science and Technology Effects of Refrigerated Storage and Processing Technologies on the Bioactive Compounds and Antioxidant Capacities of ‘ Marion ’ and ‘ Evergreen ’ Blackberries.” *LWT - Food Science and Technology* 43(8): 1253–64. <http://dx.doi.org/10.1016/j.lwt.2010.04.002>.
- Yuan, Jun et al. 2020. “Ultrasonics - Sonochemistry An e Ff Ective Method for Extracting Anthocyanins from Blueberry Based on Freeze-Ultrasonic Thawing Technology.” *Ultrasonics - Sonochemistry* 68(January): 105192. <https://doi.org/10.1016/j.ultsonch.2020.105192>.
- Zhang, Yanfei et al. 2020. “Food Bioscience The Degradation Rules of Anthocyanins from Eggplant Peel and Antioxidant Capacity in Fortified Model Food System during the Thermal Treatments.” *Food Bioscience* 38(August): 100701. <https://doi.org/10.1016/j.fbio.2020.100701>.
- Zhao, Guanghe et al. 2017. “LWT - Food Science and Technology Different Thermal Drying Methods Affect the Phenolic pro Fi Les , Their Bioaccessibility and

Antioxidant Activity in *Rhodomyrtus Tomentosa* (Ait .) Hassk Berries.” *LWT - Food Science and Technology* 79: 260–66.
<http://dx.doi.org/10.1016/j.lwt.2017.01.039>.

Zielinska, M., Michalska, A., 2016. Microwave-assisted drying of blueberry (*Vaccinium corymbosum* L.) fruits: Drying kinetics, polyphenols, anthocyanins, antioxidant capacity, colour and texture. *Food Chem.* 212, 671–680.
<https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2016.06.003>

ANEXOS

Anexo 1. Identificación taxonómica de zarzamora.



Herbarium Truxillense (HUT)

Universidad Nacional de Trujillo
Facultad de Ciencias Biológicas
Jr. San Martín 392, Trujillo - Perú



EL DIRECTOR DEL HERBARIUM TRUXILLENSE (HUT) DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE TRUJILLO.

Da Constancia de la determinación taxonómica de un (01) espécimen vegetal:

- Clase: Equisetopsida
- Subclase: Magnoliidae.
- Super Orden: Rosanae
- Orden: Rosales
- Familia: Rosaceae
- Género: ***Rubus***
- Especie: ***R. roseus*** Poir.
- Nombre común: "zarzamora"

Muestra alcanzada a este despacho por Ms.C. EFRAÍN MANUELITO CASTRO ALAYO, Investigador Principal del Subproyecto: "Aprovechamiento de subproductos del procesamiento de berries nativos de la Región Amazonas para obtener antocianinas y carotenoides utilizando solventes verdes presurizados y su aplicabilidad para mejorar la calidad funcional de derivados lácteos" (Contrato 137-2018-FONDECYT-BM-IADT-AV).

Se expide la presente Constancia a solicitud de la parte interesada para los fines que hubiera lugar.

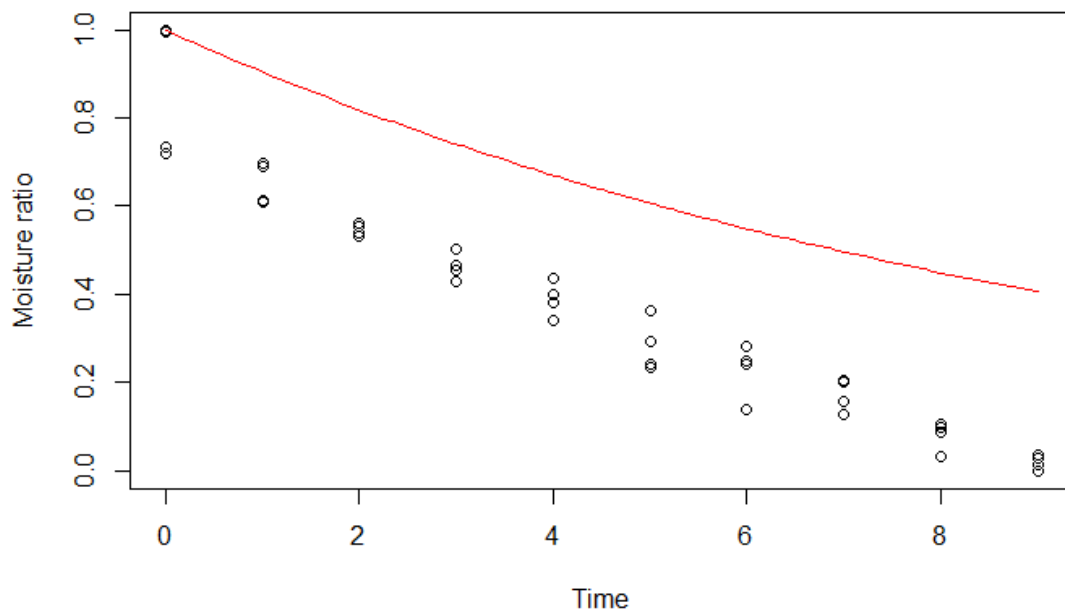
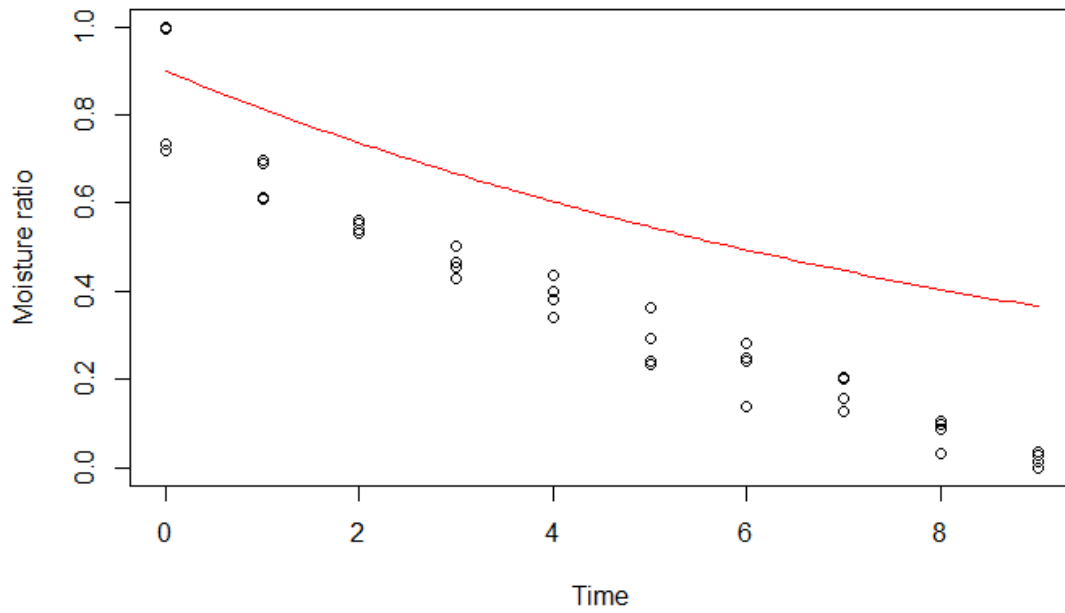
Trujillo, 25 de marzo del 2019



Dr. JOSE MOSTACERO LEON
Director del Herbario HUT

Anexo 2. Modelos de curva de secado

Newton



```
dryingmodels(Tem_40,Tiempo)
```

Nonlinear regression model

model: $Mr \sim \text{newton}(x = \text{time}, K)$

data: `parent.frame()`

K

0.273

residual sum-of-squares: 0.2917

Number of iterations to convergence: 5

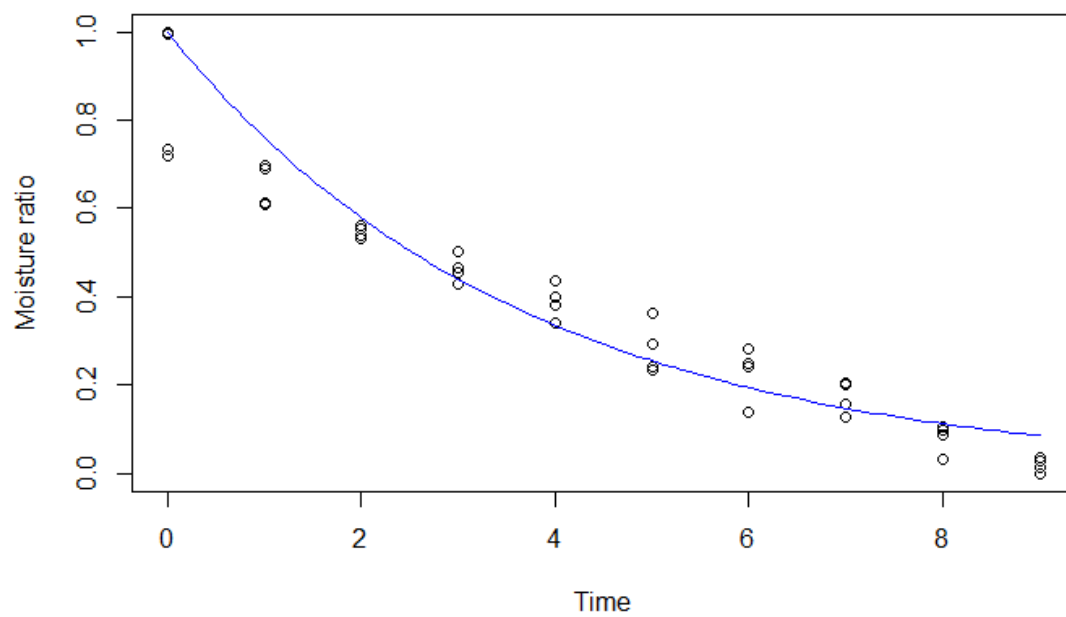
Achieved convergence tolerance: 4.087e-07

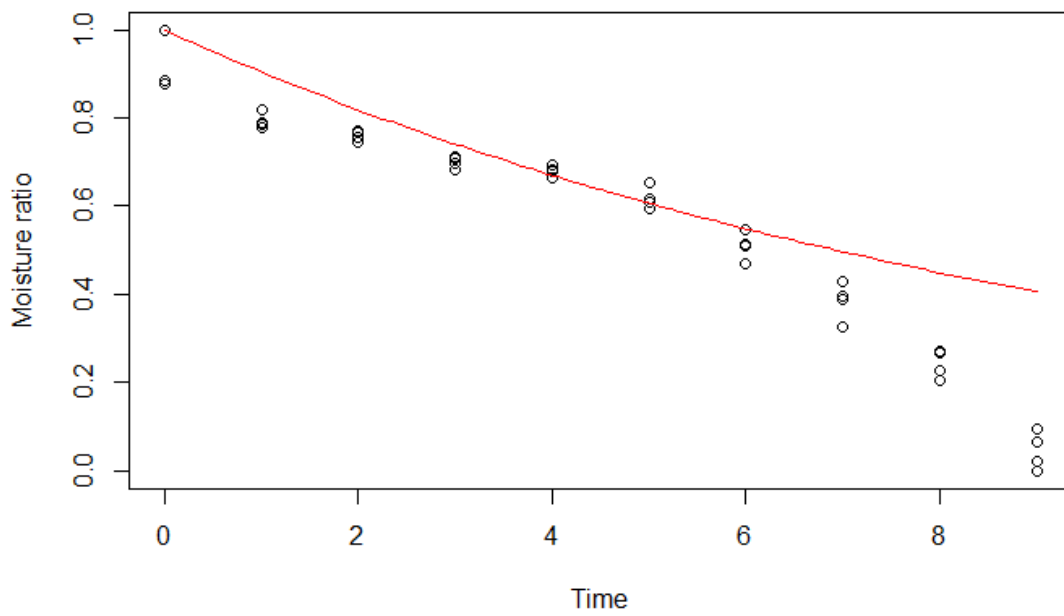
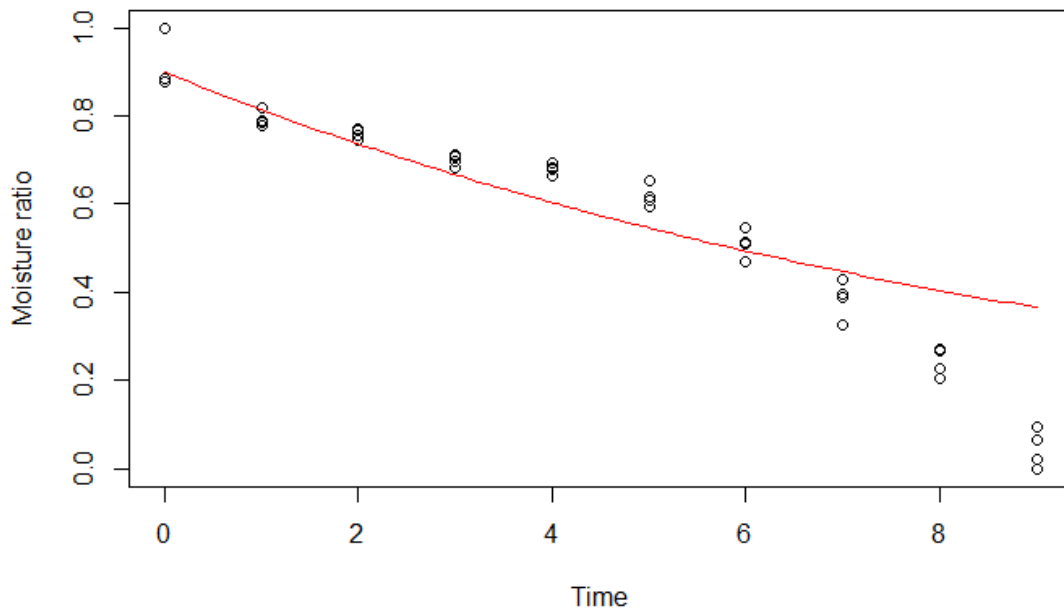
Warning messages:

1: In readChar(file, size, TRUE) : truncating string with embedded nuls

2: In readChar(file, size, TRUE) : truncating string with embedded nuls

3: In readChar(file, size, TRUE) : truncating string with embedded nuls





```
dryingmodels(Tem_50,Tiempo)
```

Nonlinear regression model

model: $M_r \sim \text{newton}$ ($x = \text{time, K}$)

data: `parent.frame()`

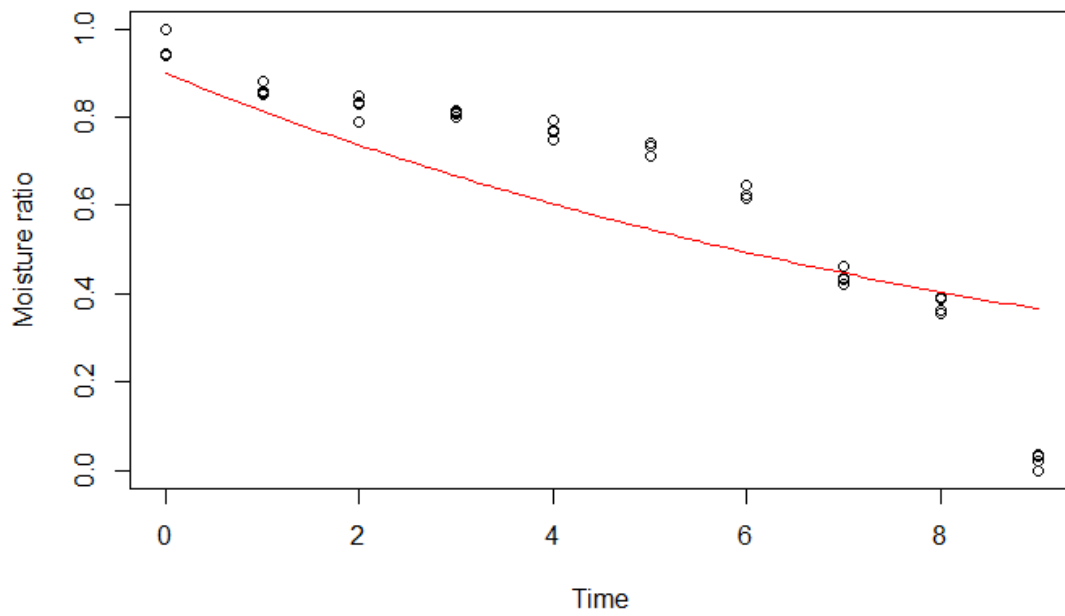
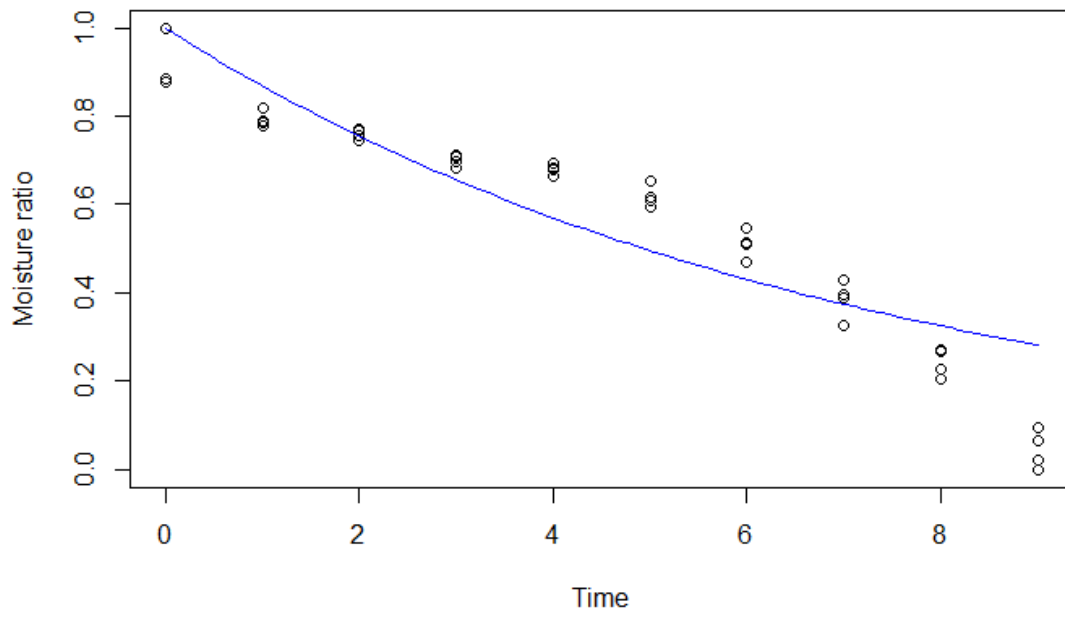
K

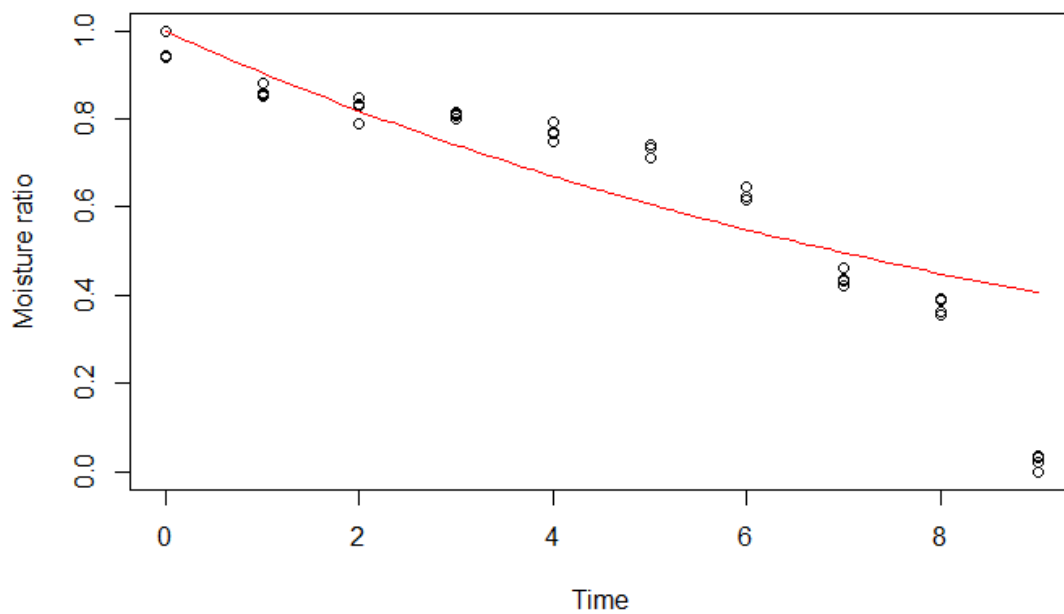
0.1404

residual sum-of-squares: 0.4699

Number of iterations to convergence: 5

Achieved convergence tolerance: $9.088e-07$





```
dryingmodels(Tem_60,Tiempo)
```

```
Nonlinear regression model
```

```
model: Mr ~ newton (x = time, K)
```

```
data: parent.frame()
```

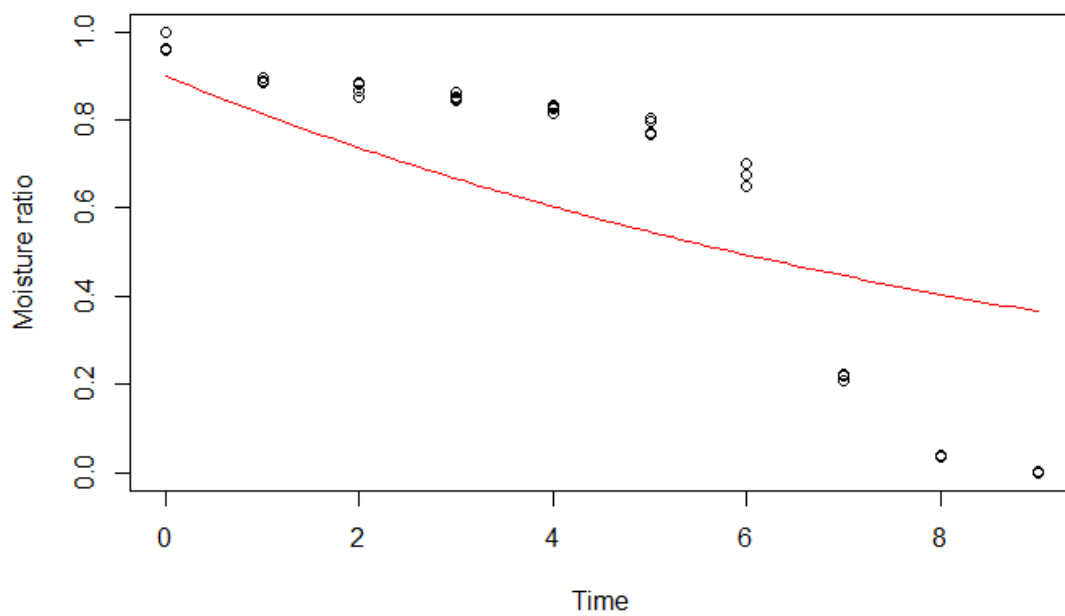
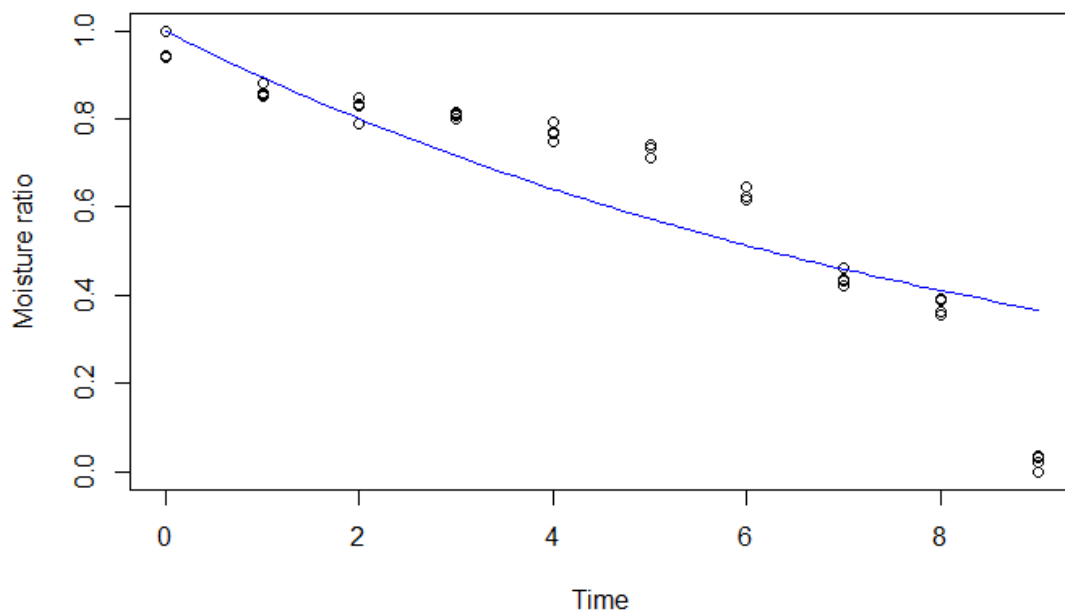
```
  K
```

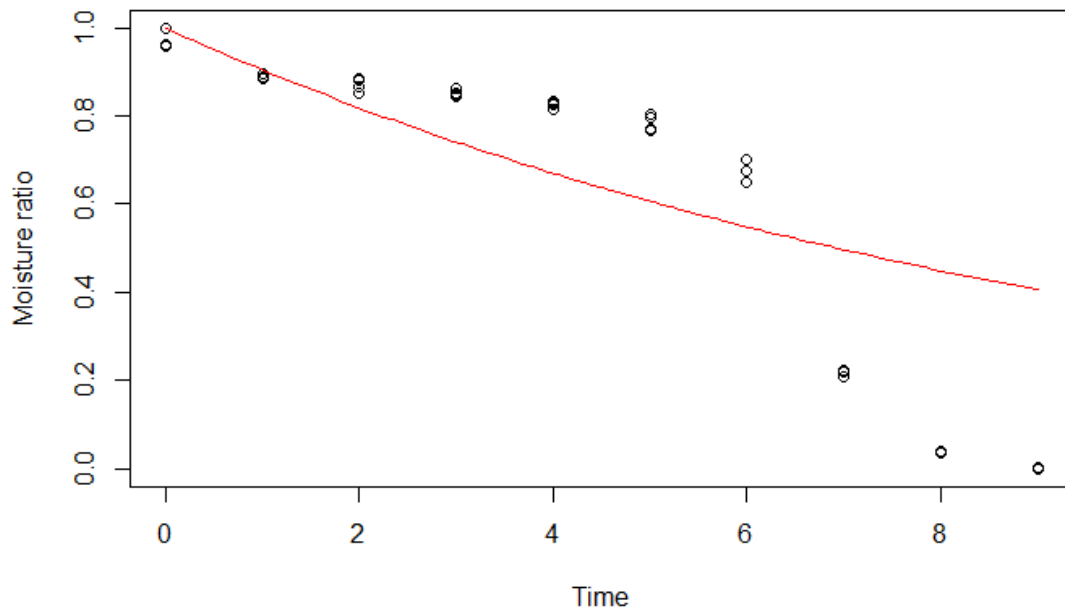
```
0.1111
```

```
residual sum-of-squares: 0.7585
```

```
Number of iterations to convergence: 4
```

```
Achieved convergence tolerance: 6.286e-06
```



```
dryingmodels(Tem_70,Tiempo)
```

```
Nonlinear regression model
```

```
model: Mr ~ newton (x = time, K)
```

```
data: parent.frame()
```

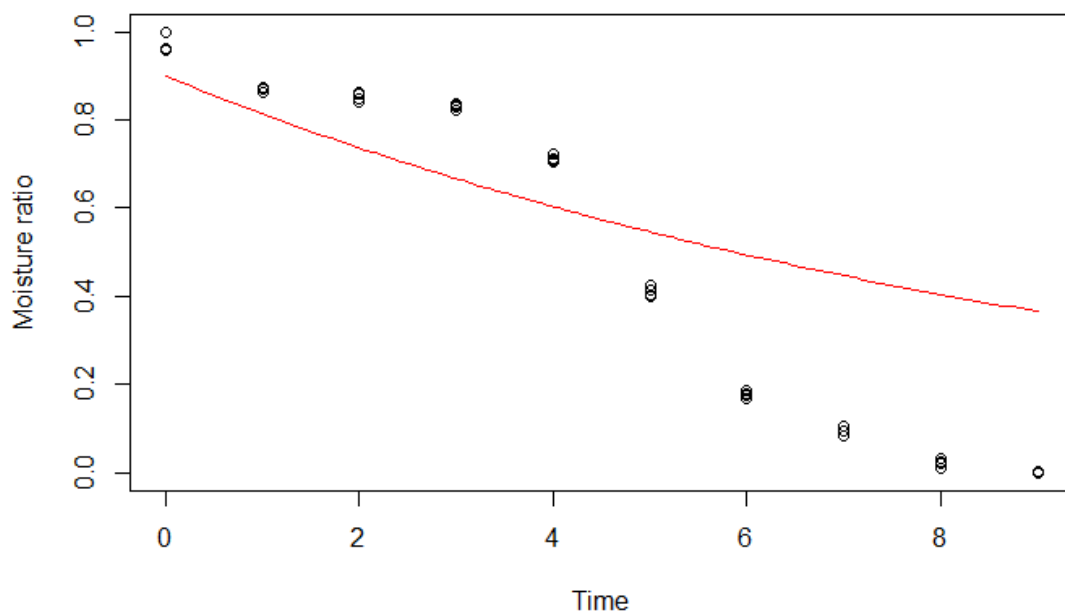
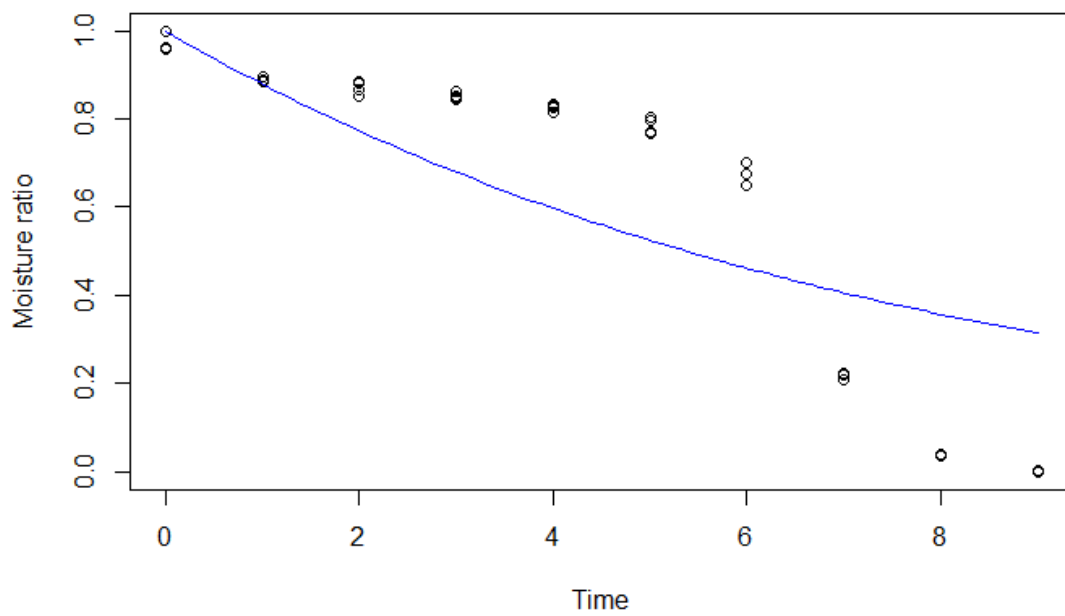
```
  K
```

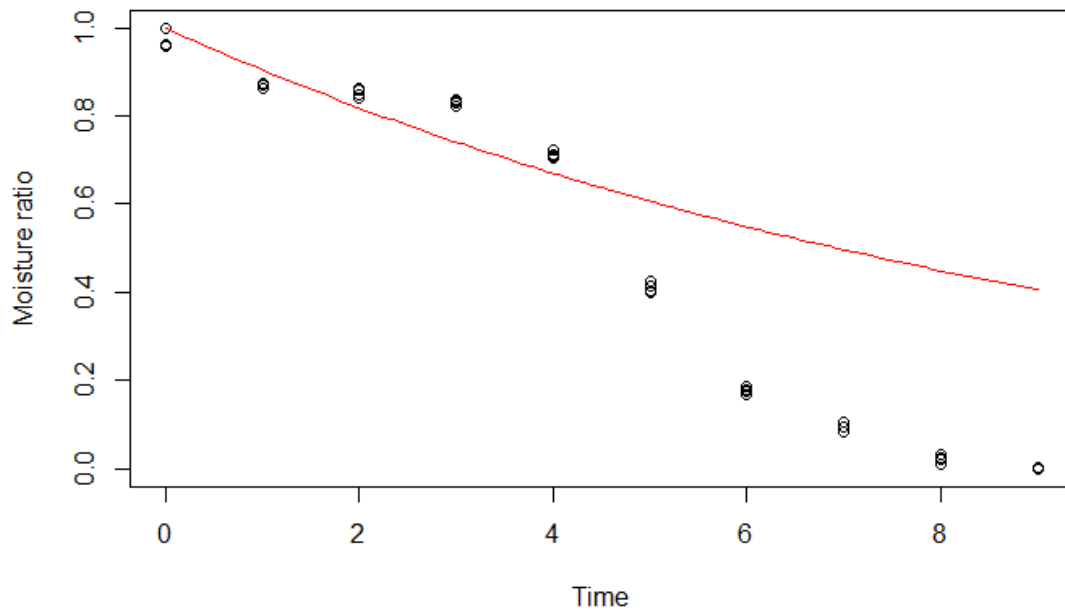
```
0.1288
```

```
residual sum-of-squares: 1.762
```

```
Number of iterations to convergence: 6
```

```
Achieved convergence tolerance: 2.275e-06
```





```
dryingmodels(Tem_80,Tiempo)
```

Nonlinear regression model

model: $M_r \sim \text{newton}(x = \text{time}, K)$

data: parent.frame()

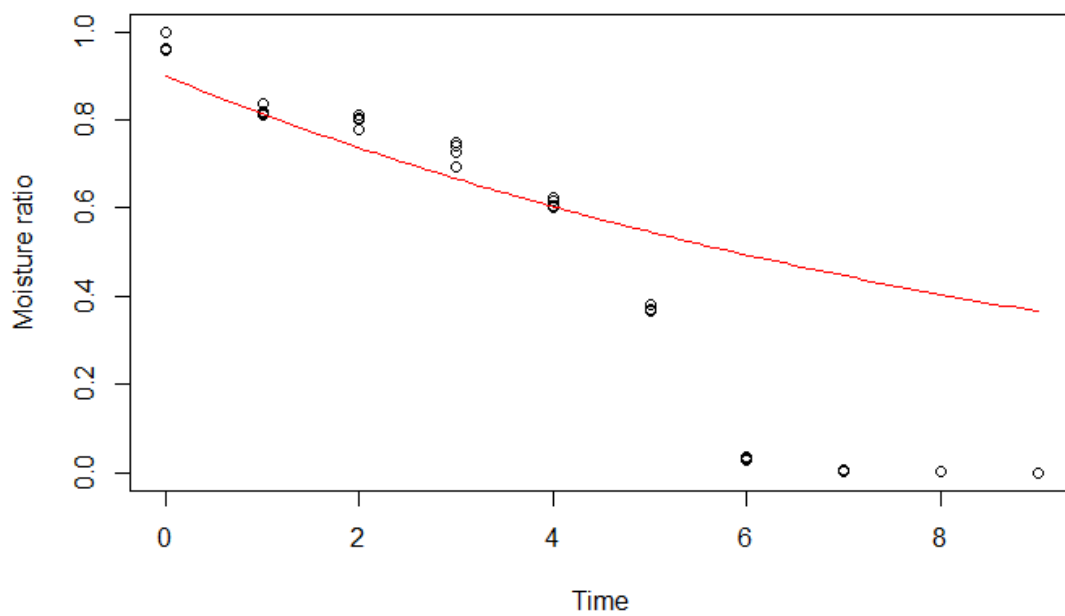
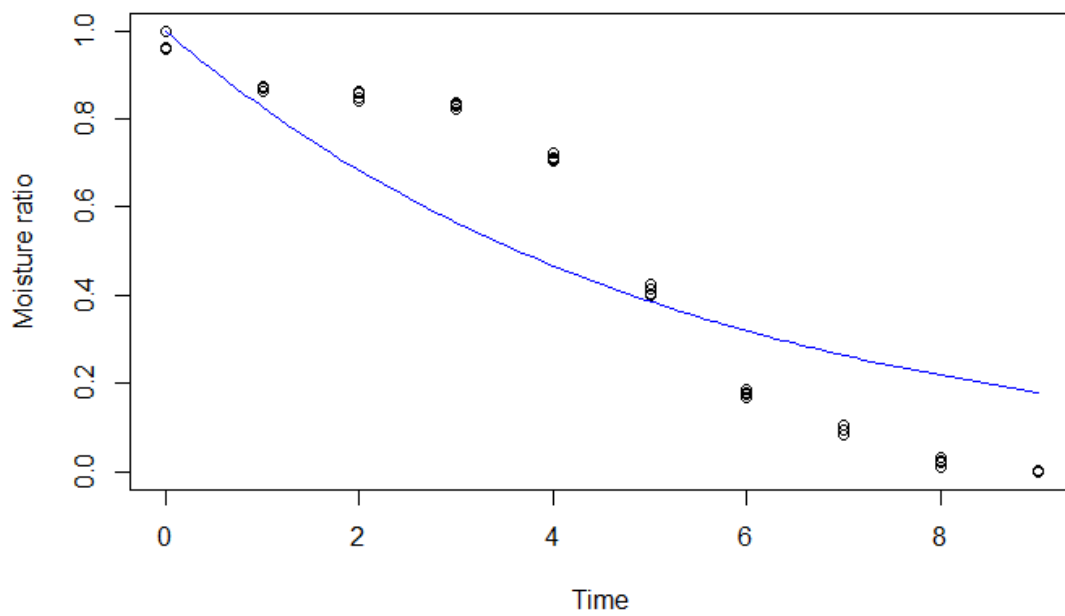
K

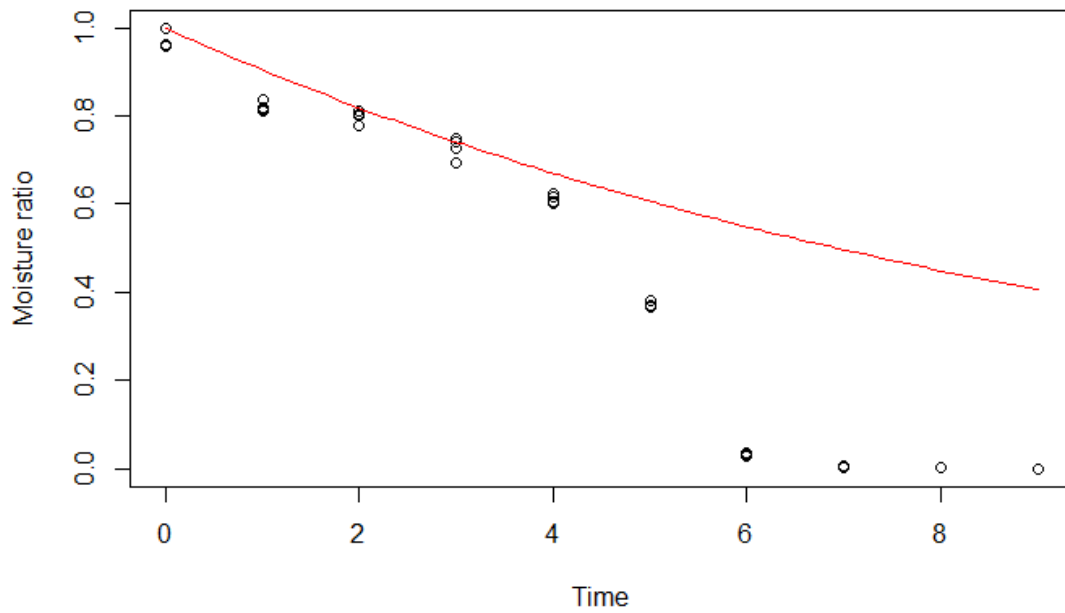
0.1902

residual sum-of-squares: 1.129

Number of iterations to convergence: 7

Achieved convergence tolerance: 8.022e-06





```
dryingmodels(Tem_90,Tiempo)
```

```
Nonlinear regression model
```

```
model: Mr ~ newton (x = time, K)
```

```
data: parent.frame()
```

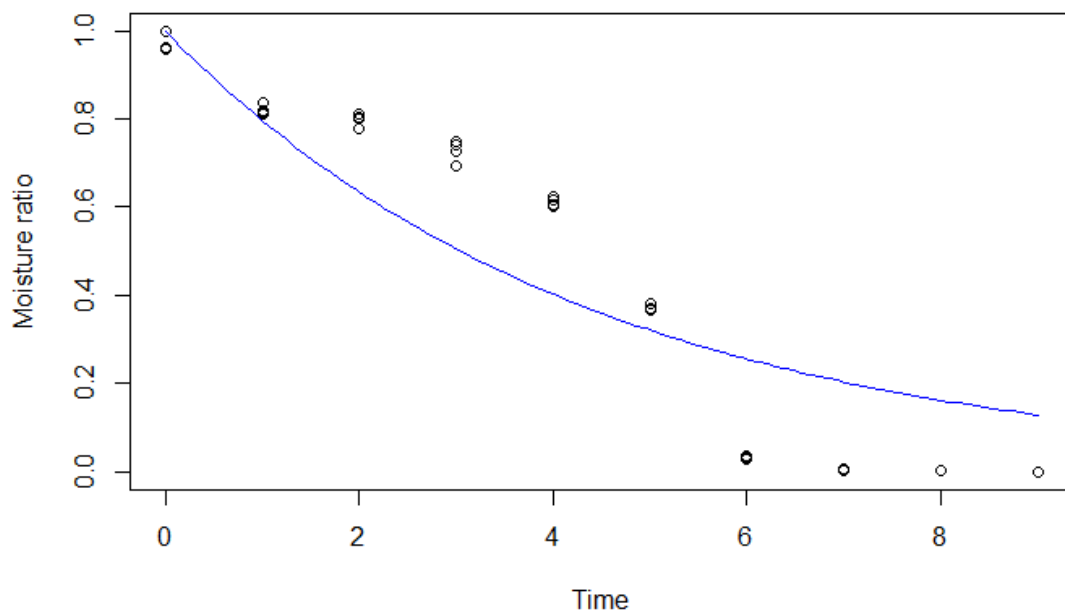
```
  K
```

```
0.2275
```

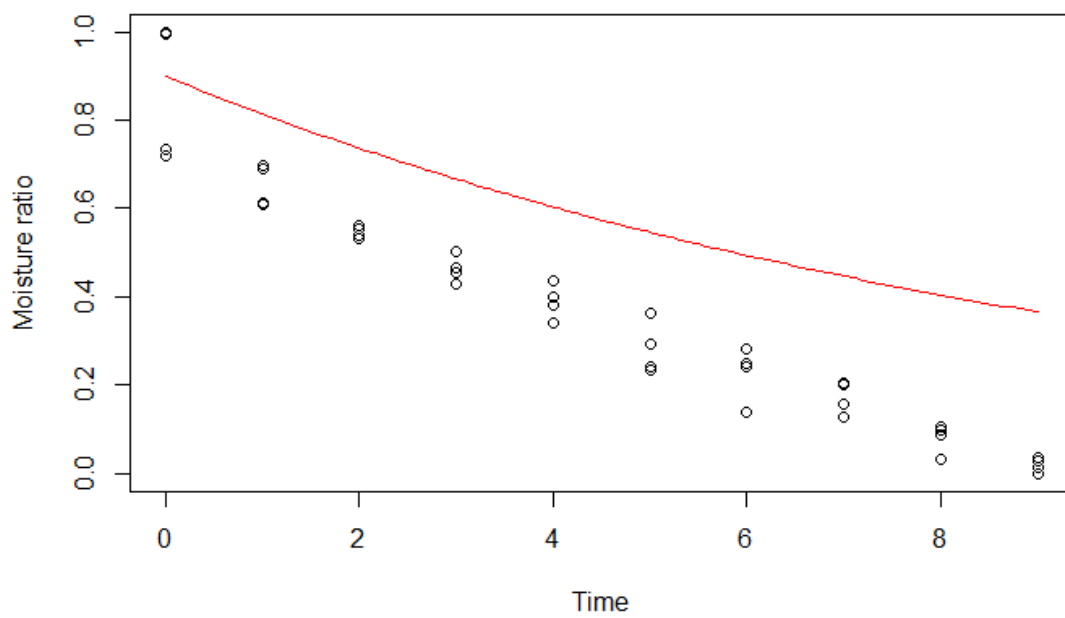
```
residual sum-of-squares: 1.031
```

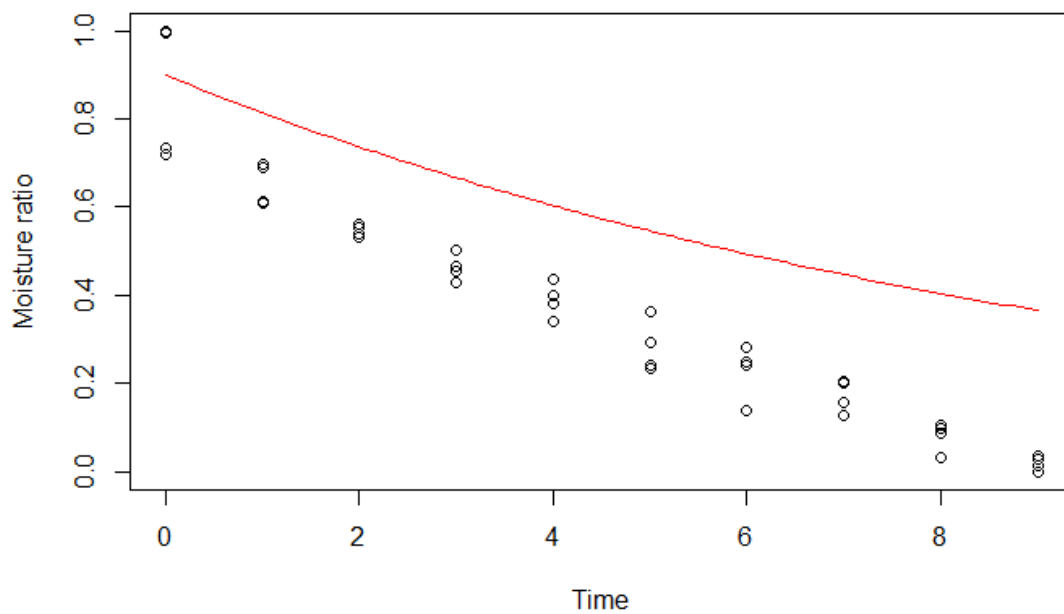
```
Number of iterations to convergence: 8
```

```
Achieved convergence tolerance: 4.564e-06
```



Henderson y Pabis





```
dryingmodels(Tem_40,Tiempo)
```

```
Nonlinear regression model
```

```
model: Mr ~ HandP(x = time, A, K)
```

```
data: parent.frame()
```

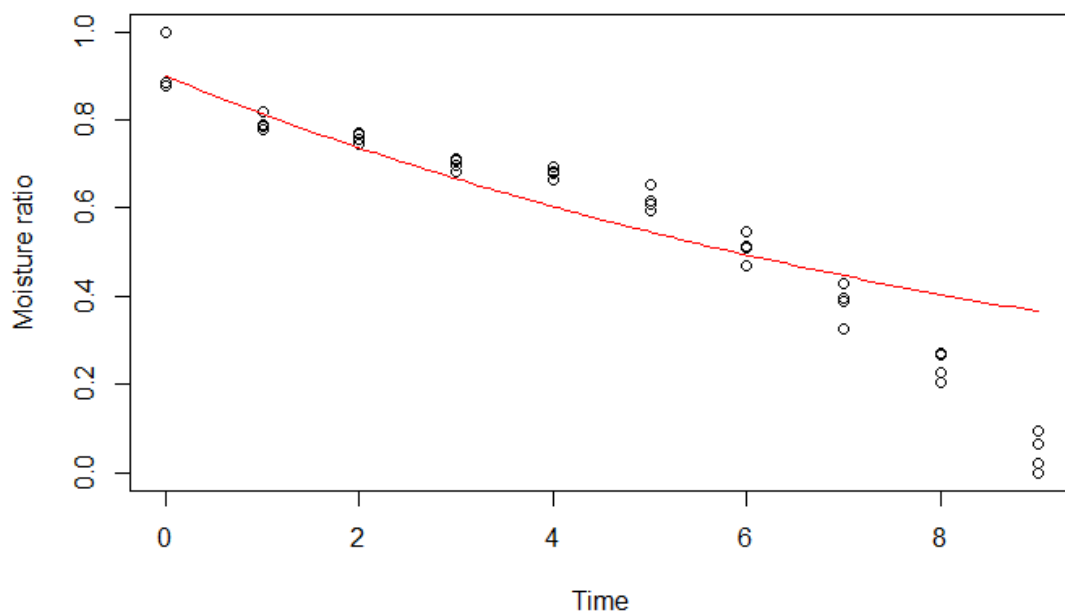
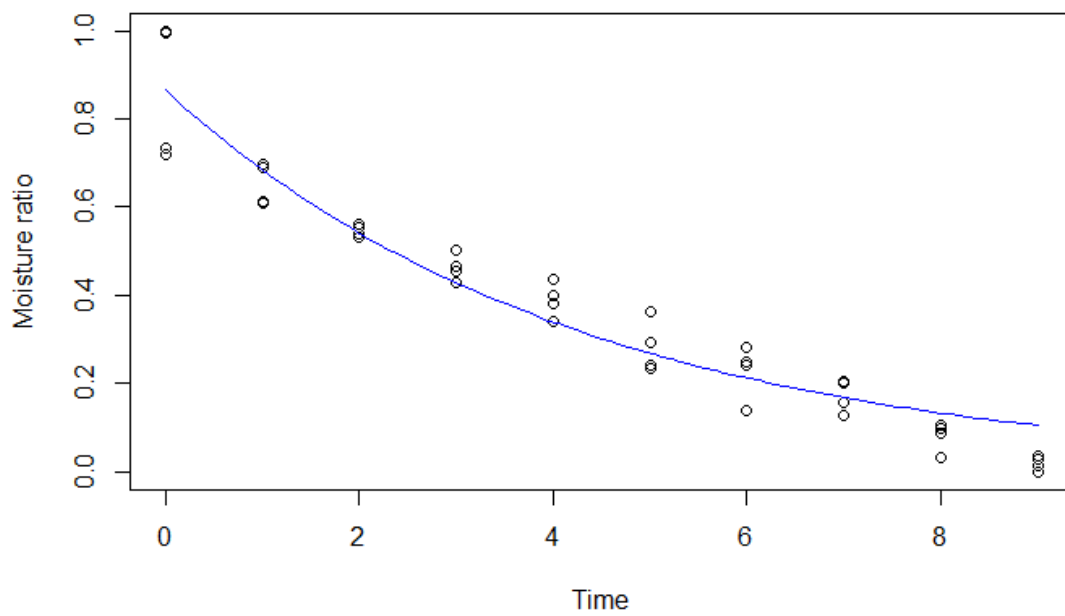
```
A    K
```

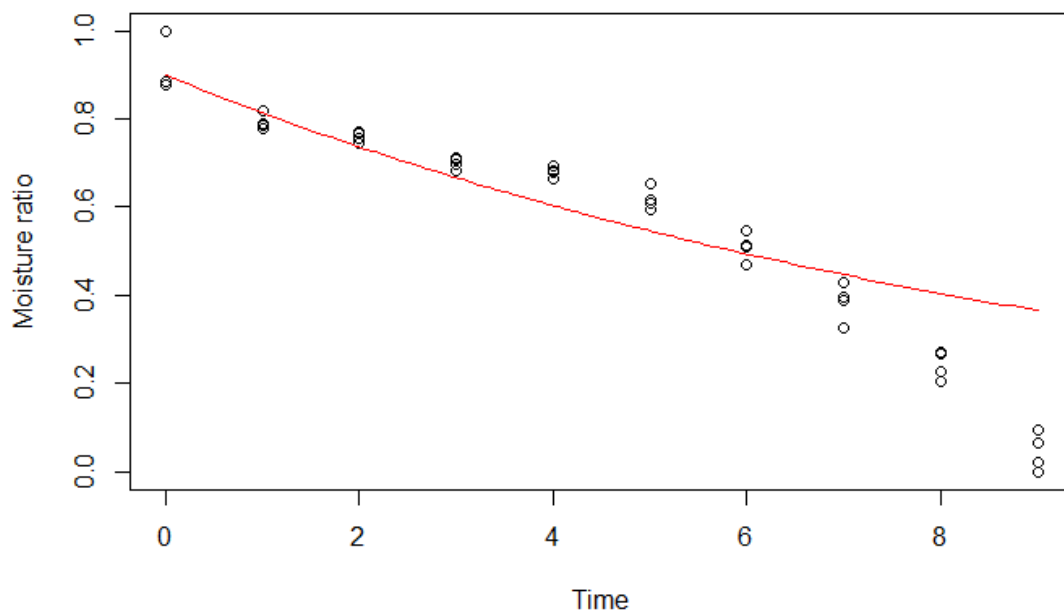
```
0.8659 0.2341
```

```
residual sum-of-squares: 0.1804
```

```
Number of iterations to convergence: 6
```

```
Achieved convergence tolerance: 1.055e-06
```



```
dryingmodels(Tem_50,Tiempo)
```

Nonlinear regression model

model: $M_r \sim \text{HandP}(x = \text{time}, A, K)$

data: parent.frame()

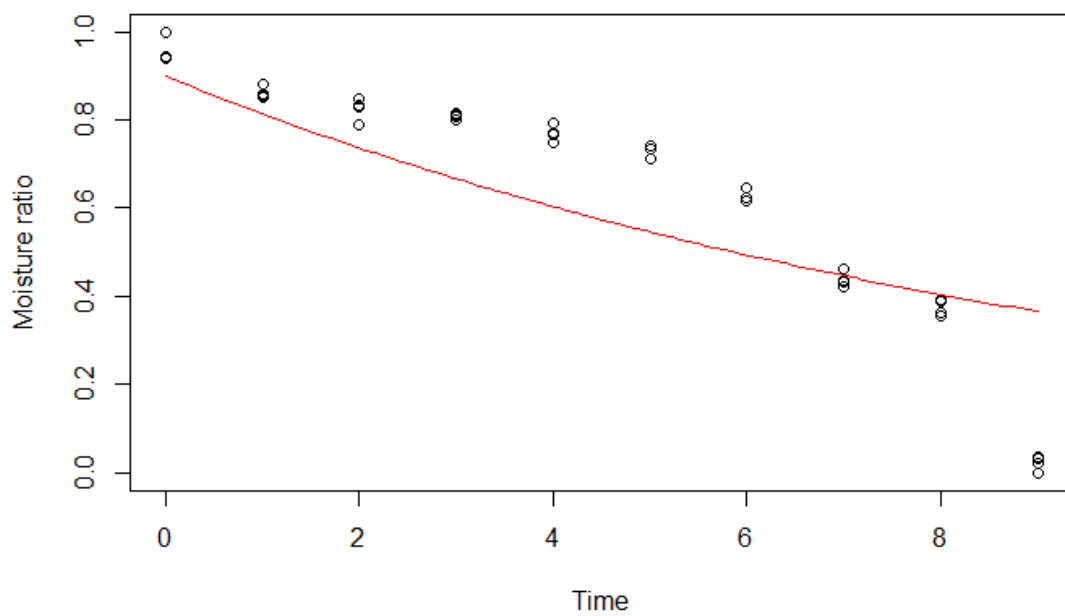
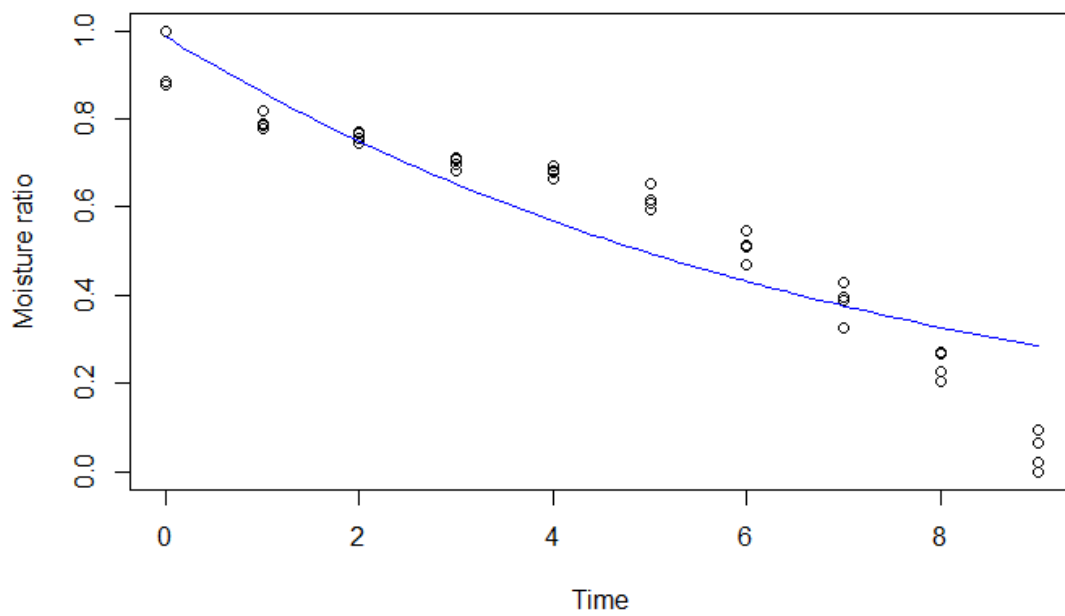
A K

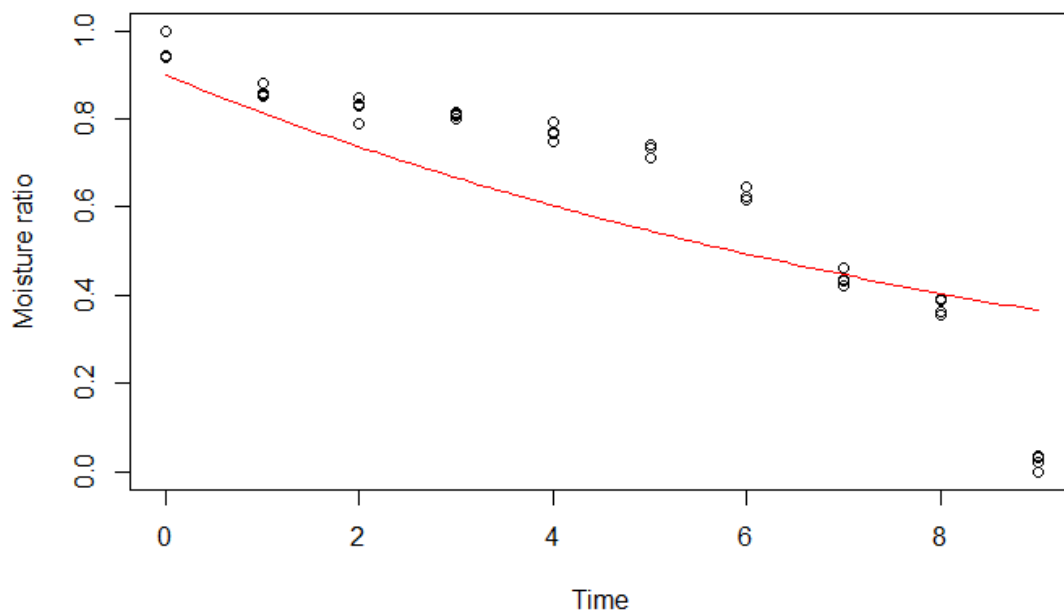
0.9877 0.1380

residual sum-of-squares: 0.4687

Number of iterations to convergence: 6

Achieved convergence tolerance: 3.01e-06





```
dryingmodels(Tem_60,Tiempo)
```

Nonlinear regression model

model: $M_r \sim \text{HandP}(x = \text{time}, A, K)$

data: parent.frame()

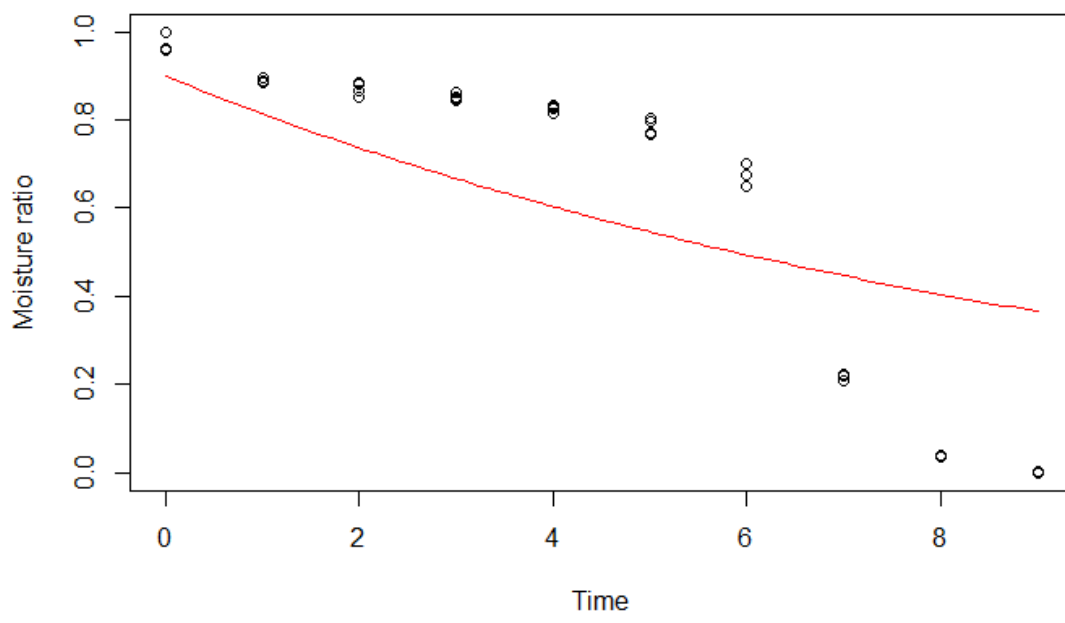
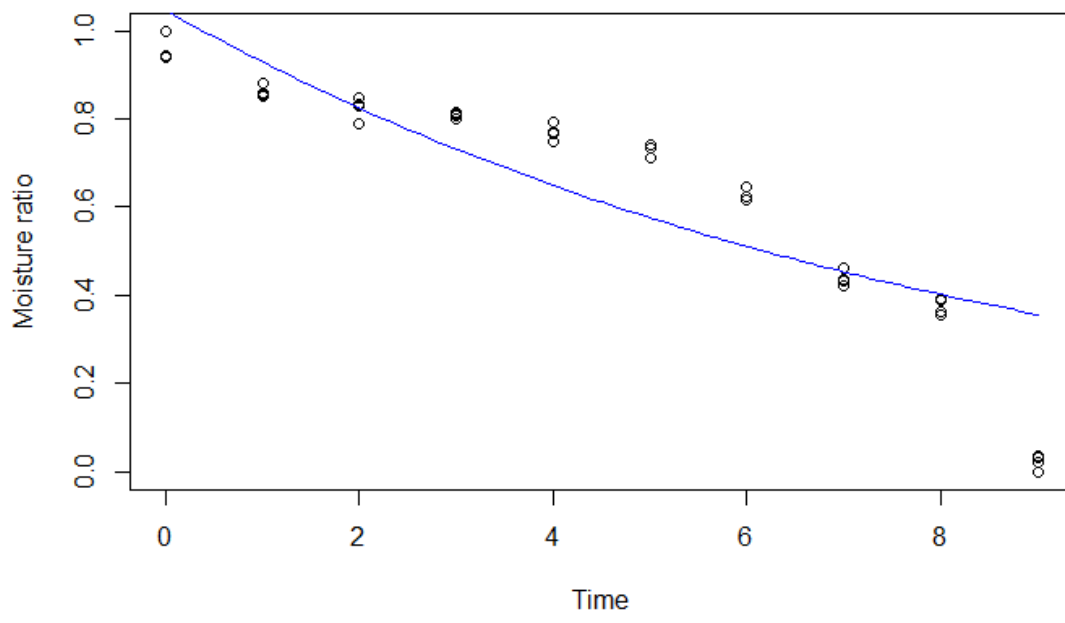
A K

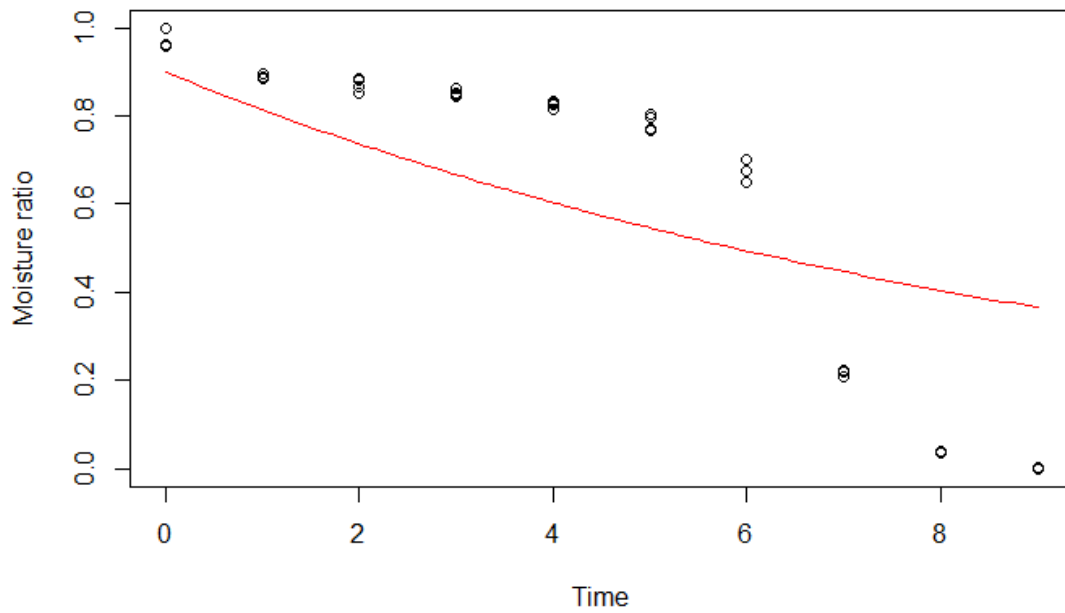
1.0483 0.1197

residual sum-of-squares: 0.7382

Number of iterations to convergence: 6

Achieved convergence tolerance: 8.175e-06





```
dryingmodels(Tem_70,Tiempo)
```

```
Nonlinear regression model
```

```
model: Mr ~ HandP(x = time, A, K)
```

```
data: parent.frame()
```

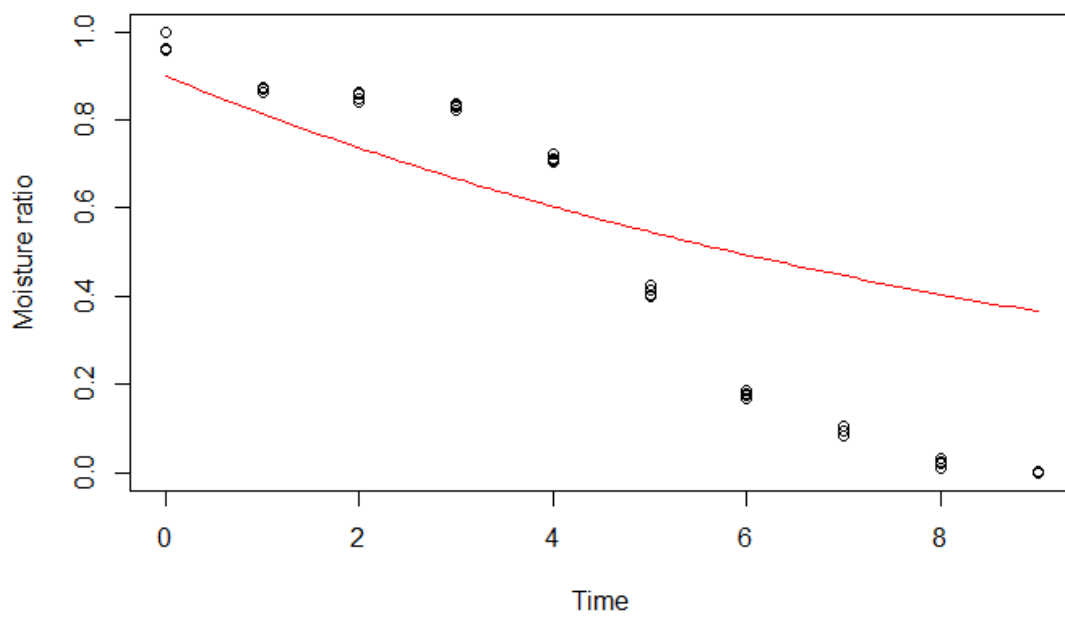
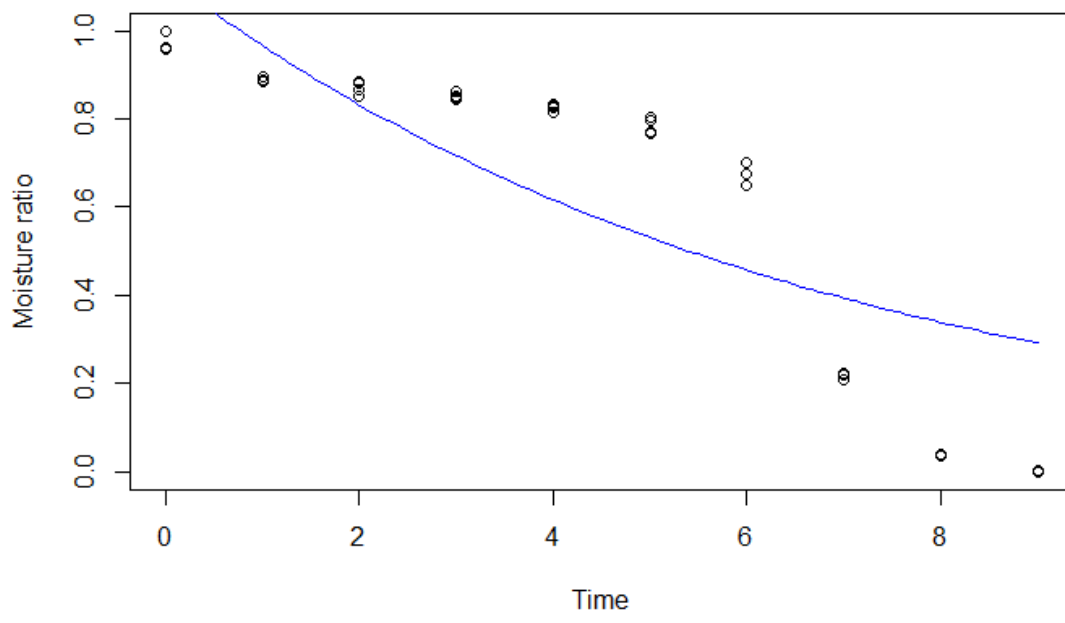
```
  A    K
```

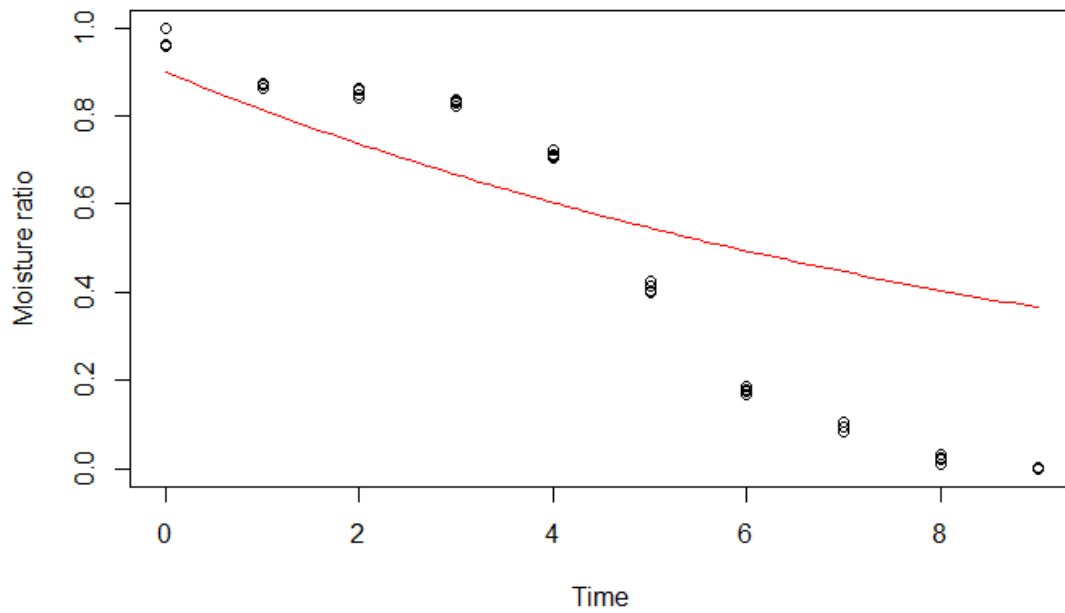
```
1.1235 0.1498
```

```
residual sum-of-squares: 1.633
```

```
Number of iterations to convergence: 9
```

```
Achieved convergence tolerance: 4.612e-06
```





```
dryingmodels(Tem_80,Tiempo)
```

```
Nonlinear regression model
```

```
model: Mr ~ HandP(x = time, A, K)
```

```
data: parent.frame()
```

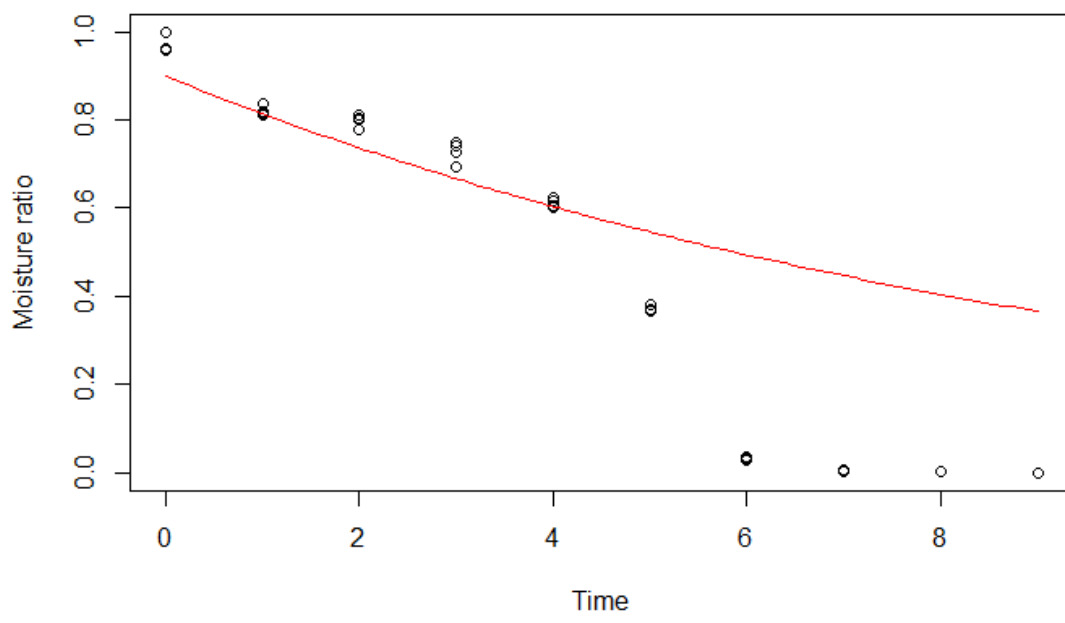
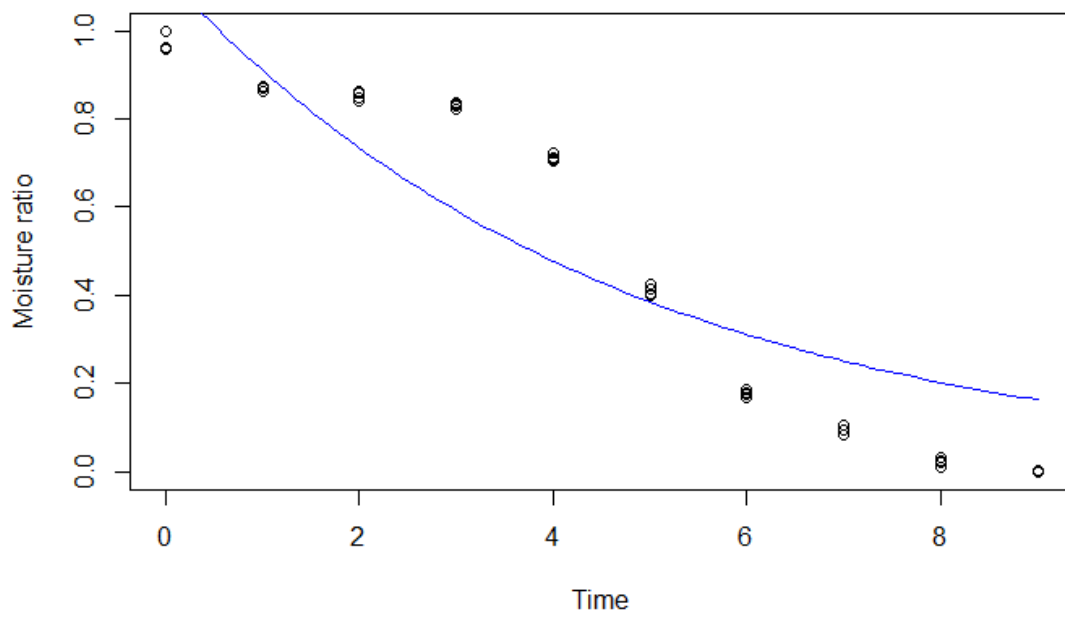
```
  A  K
```

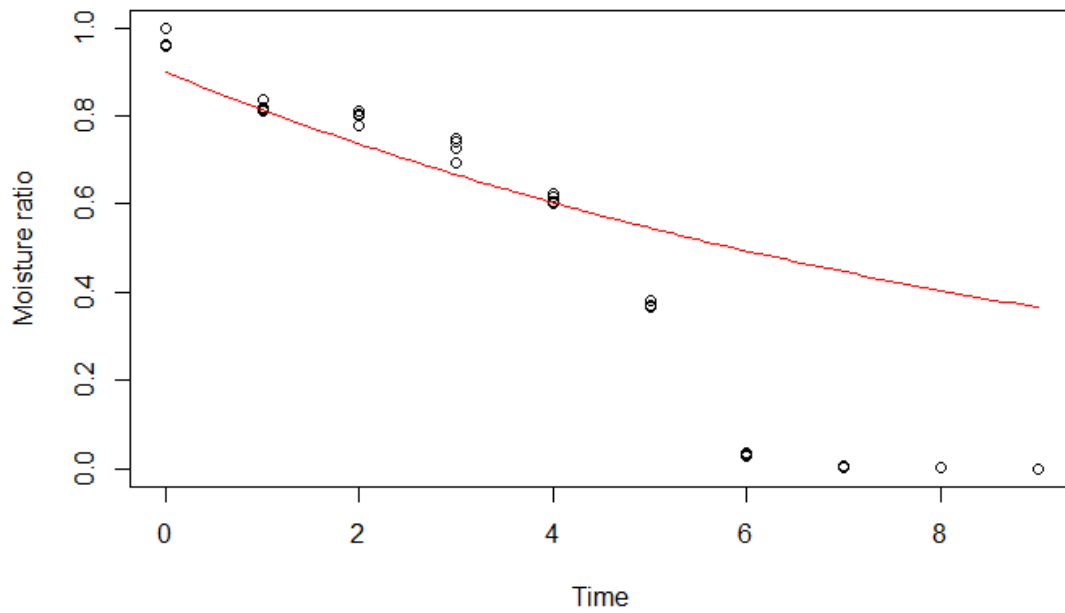
```
1.1288 0.2148
```

```
residual sum-of-squares: 1.007
```

```
Number of iterations to convergence: 9
```

```
Achieved convergence tolerance: 3.563e-06
```



```
dryingmodels(Tem_90,Tiempo)
```

```
Nonlinear regression model
```

```
model: Mr ~ HandP(x = time, A, K)
```

```
data: parent.frame()
```

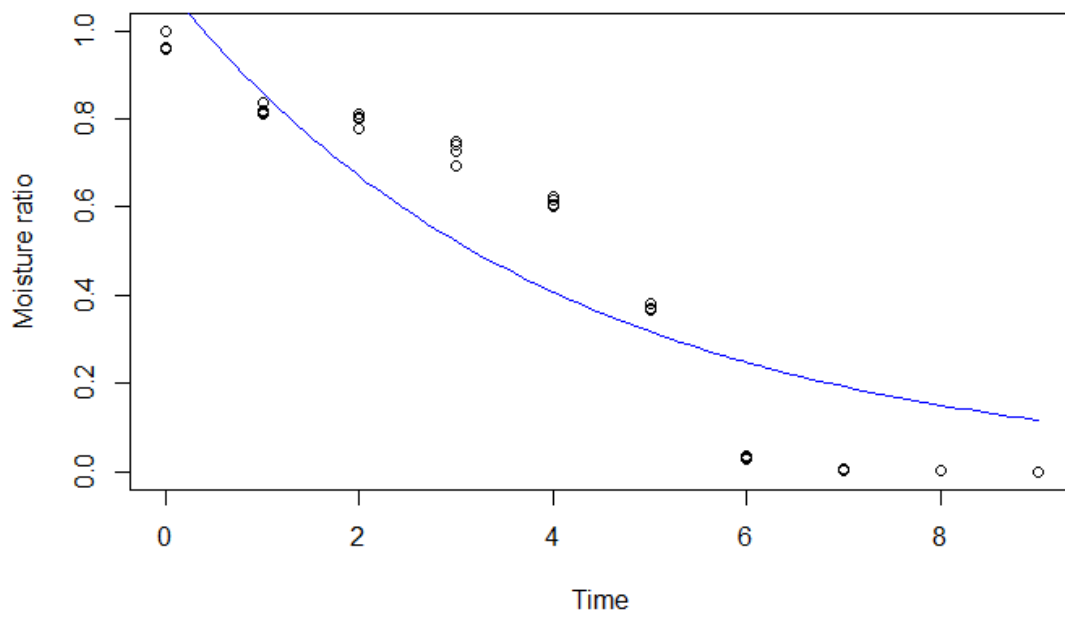
```
A    K
```

```
1.1027 0.2489
```

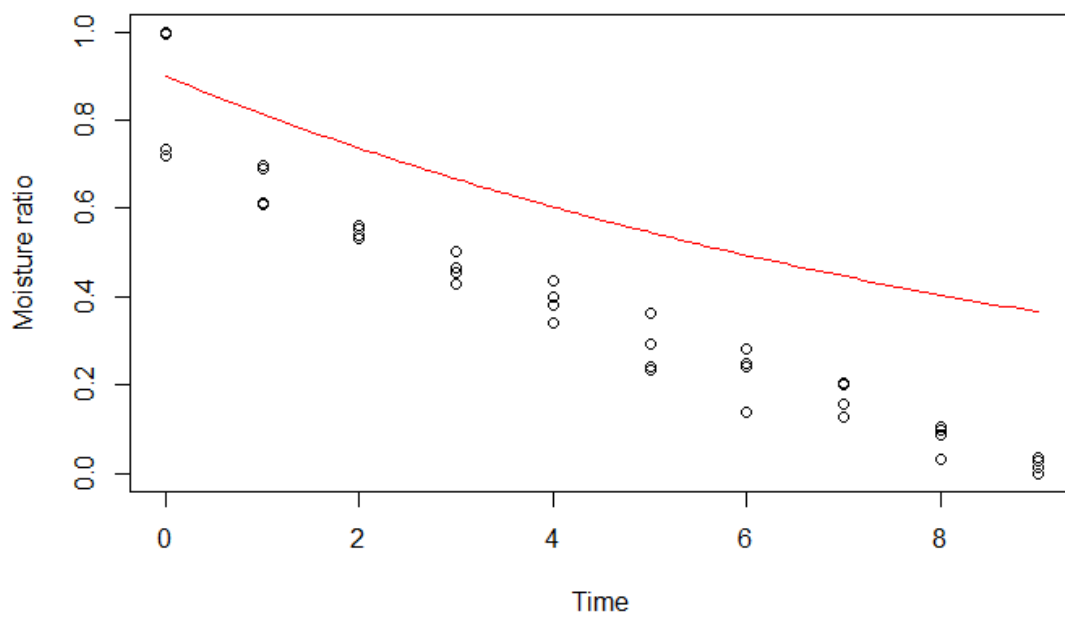
```
residual sum-of-squares: 0.9584
```

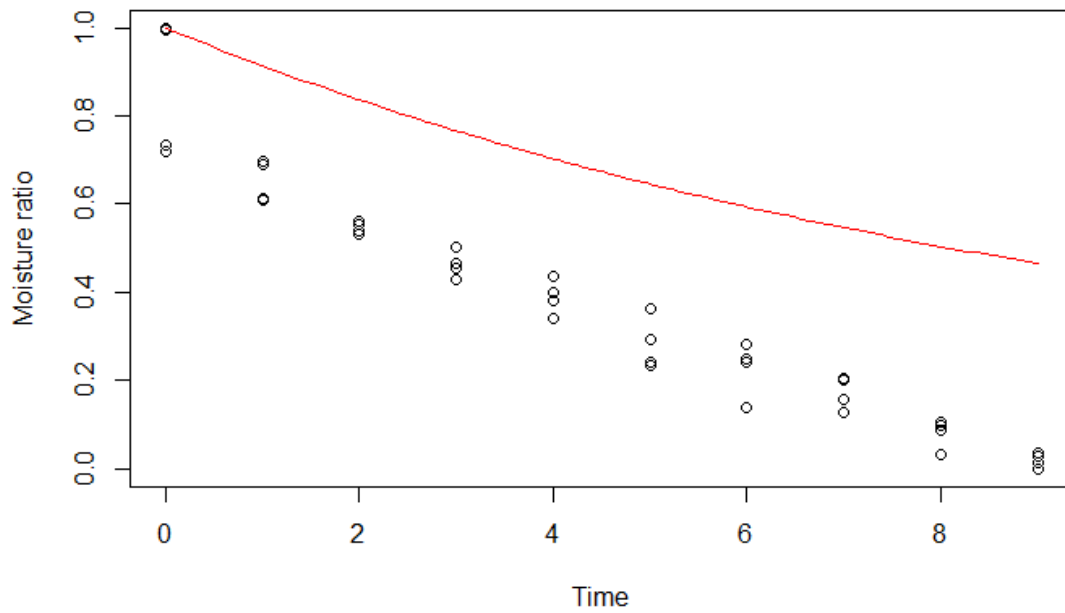
```
Number of iterations to convergence: 10
```

```
Achieved convergence tolerance: 3.315e-06
```



Logarítmico





Dryingmodels (Tem_40, Tiempo)

Nonlinear regression model

model: $Mr \sim \text{logarithmic}(x = \text{time}, A, K, b)$

data: parent.frame()

A K b

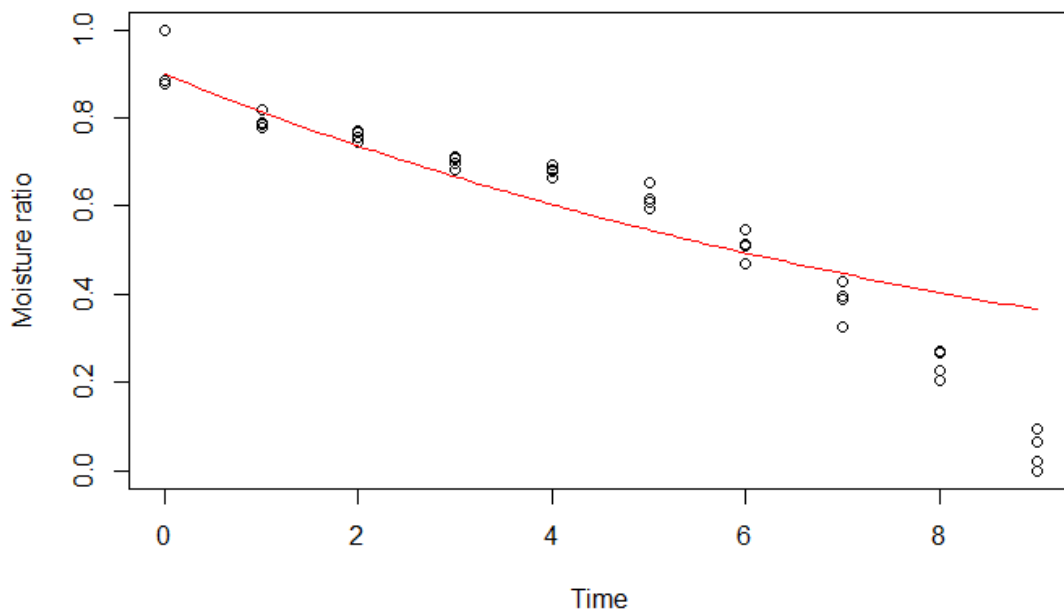
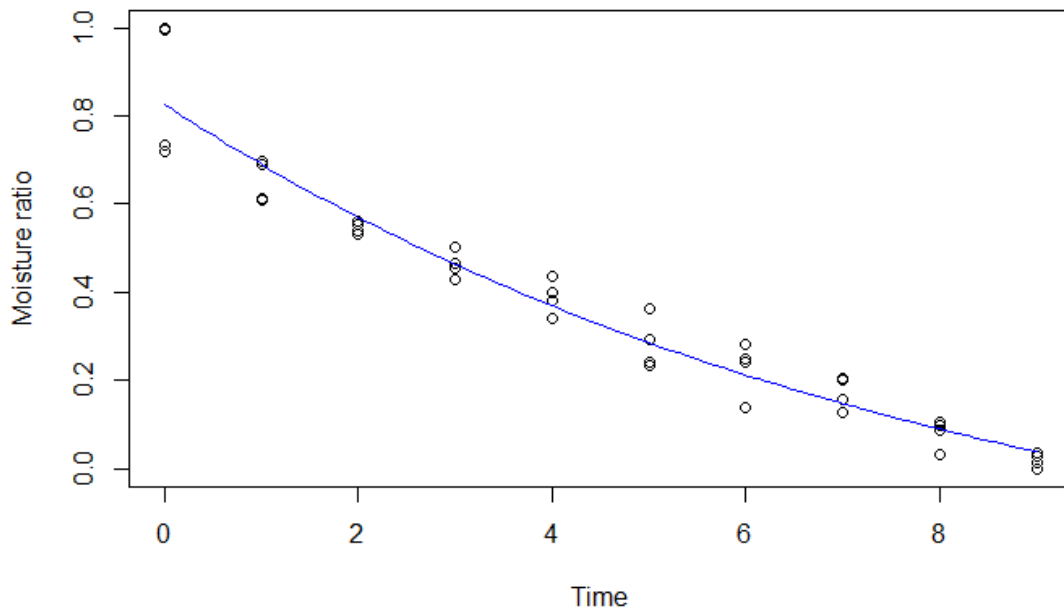
1.1771 0.1232 -0.3495

residual sum-of-squares: 0.1384

Number of iterations to convergence: 5

Achieved convergence tolerance: 2.976e-06

There were 12 warnings (use warnings() to see them)



Dryingmodels (Tem_50, Tiempo)

Error in nls (Mr ~ logarithmic (x = time, A, K, b), start = c (A = A, K = K, :

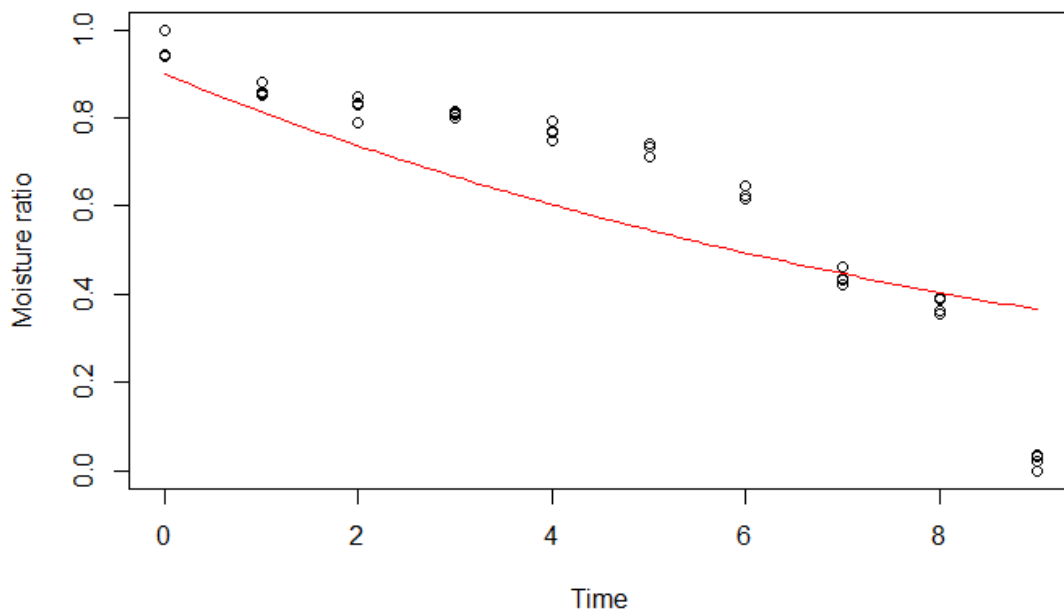
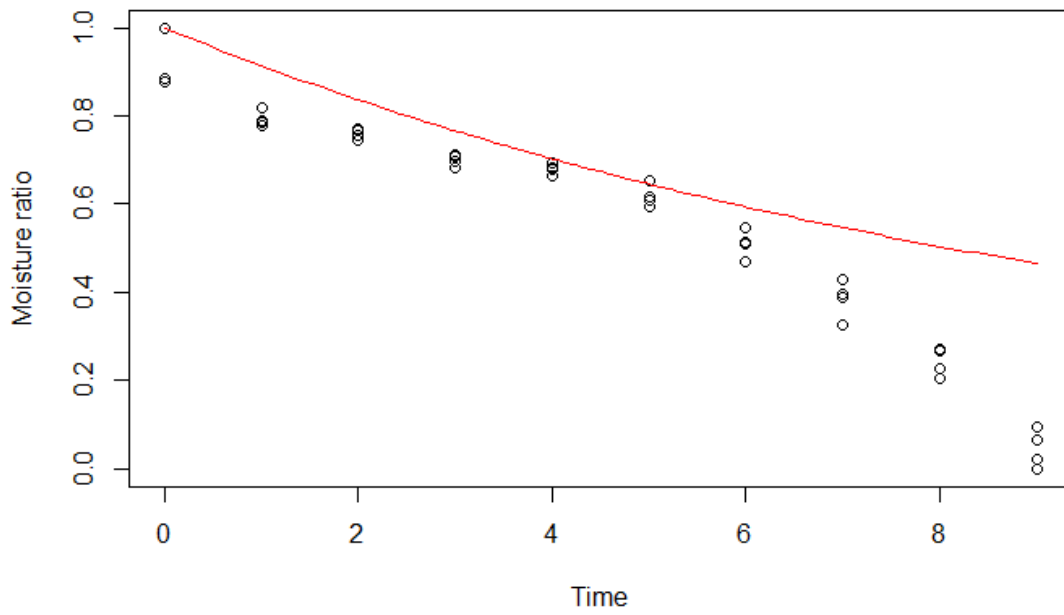
number of iterations exceeded maximum of 50

Error in nls(Mr ~ logarithmic(x = time, A, K, b), start = c(A = A, K = K, :

number of iterations exceeded maximum of 50

Error in nls(Mr ~ logarithmic(x = time, A, K, b), start = c(A = A, K = K, :

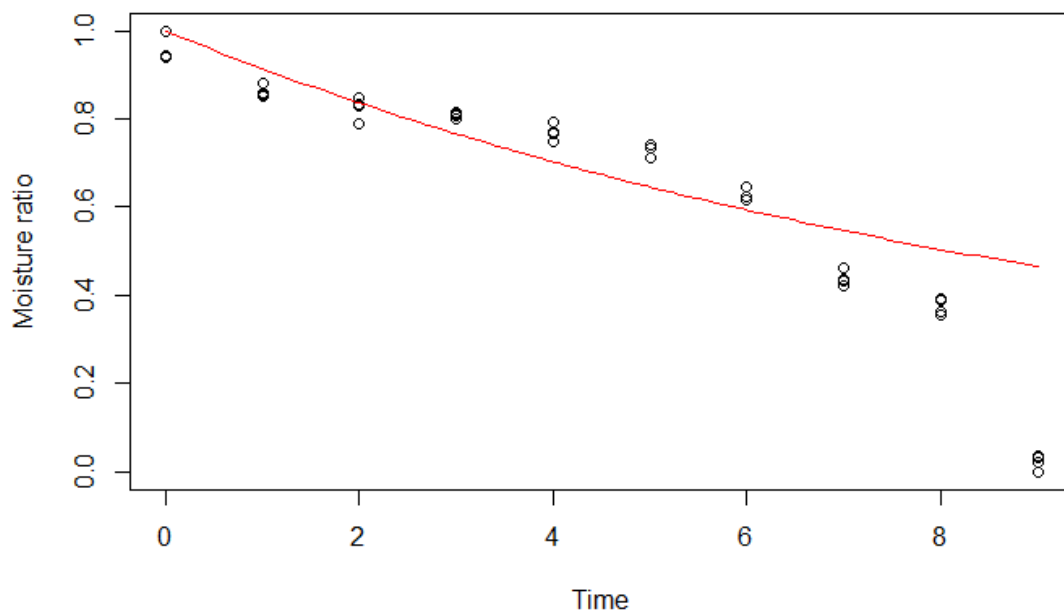
number of iterations exceeded maximum of 50



```
dryingmodels( Tem_60,Tiempo)
```

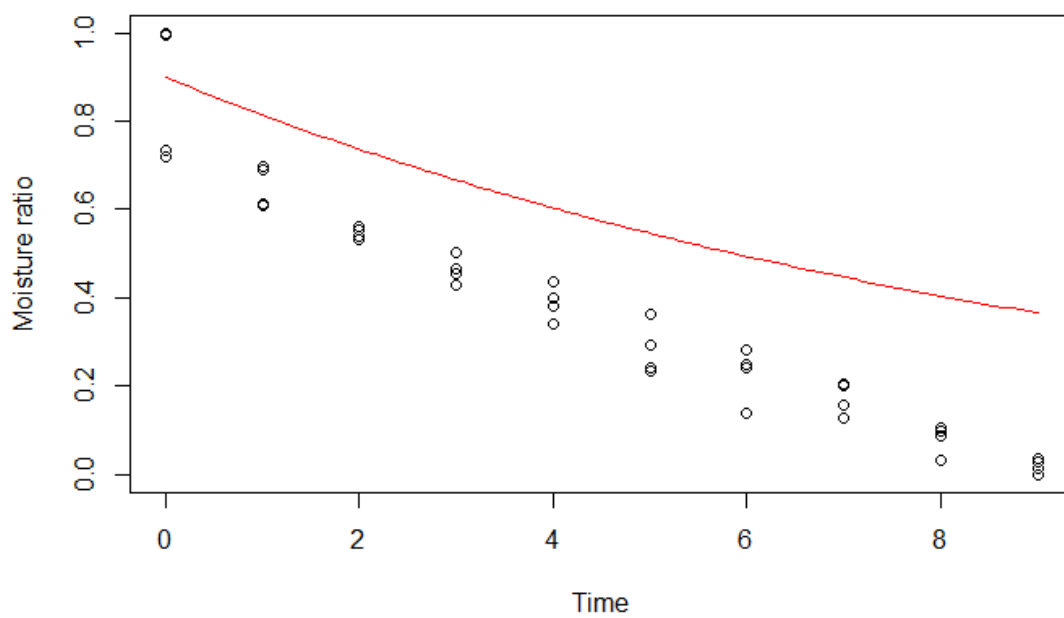
```
Error in nls (Mr ~ logarithmic(x = time, A, K, b), start = c(A = A, K = K, b = b),
step factor 0.000488281 reduced below 'minFactor' of 0.000976562
```

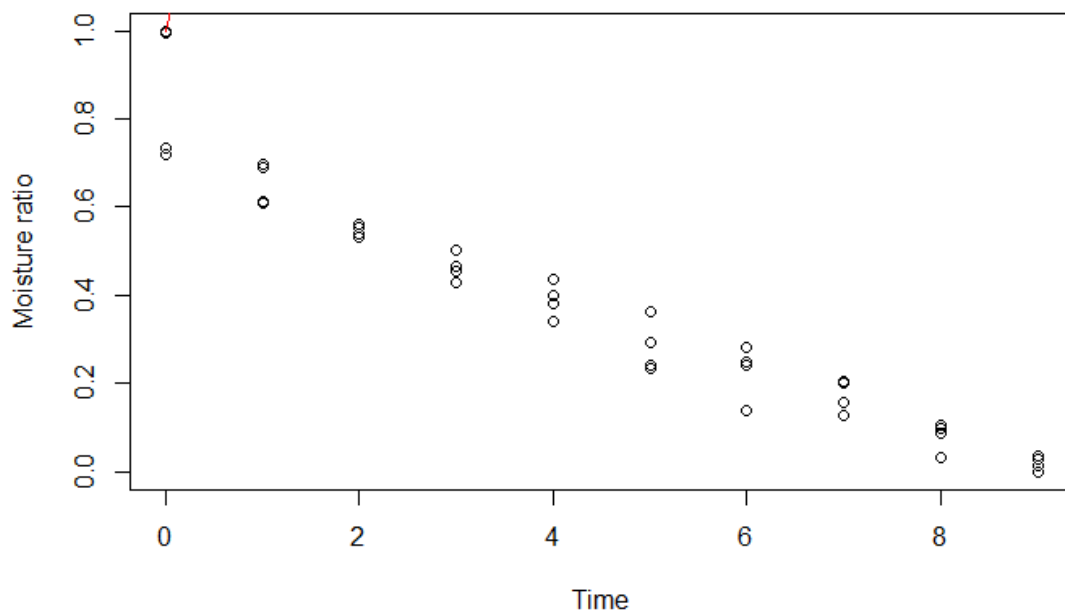
```
list()
```



El modelo logarítmico no puede ser calculado

Modelo Wang y Sing





Dryingmodels (Tem_40, Tiempo)

Nonlinear regression model

model: $Mr \sim WandS(x = \text{time}, A, b)$

data: parent.frame()

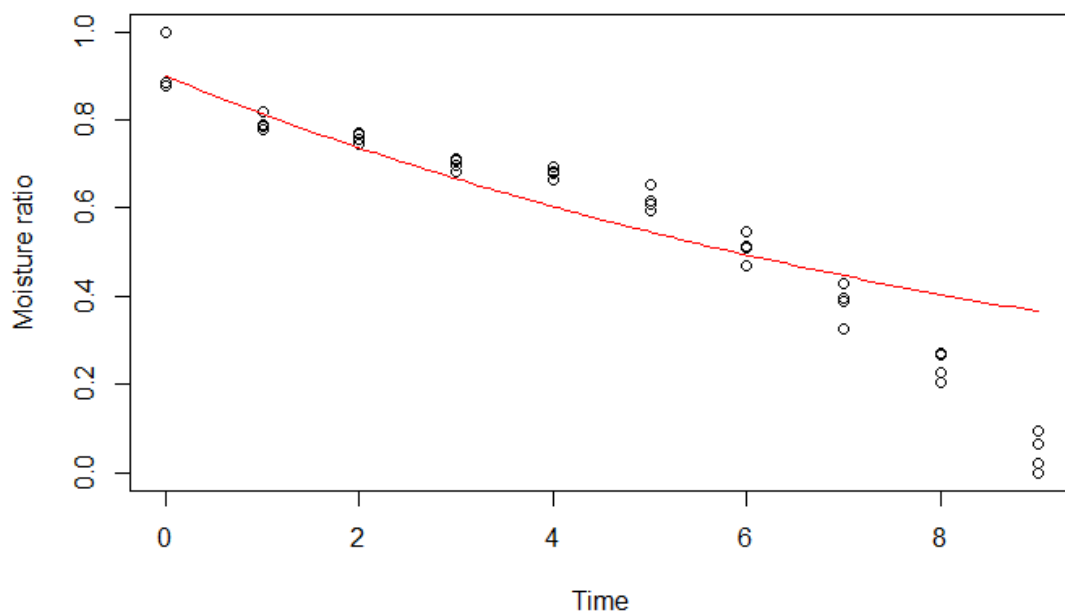
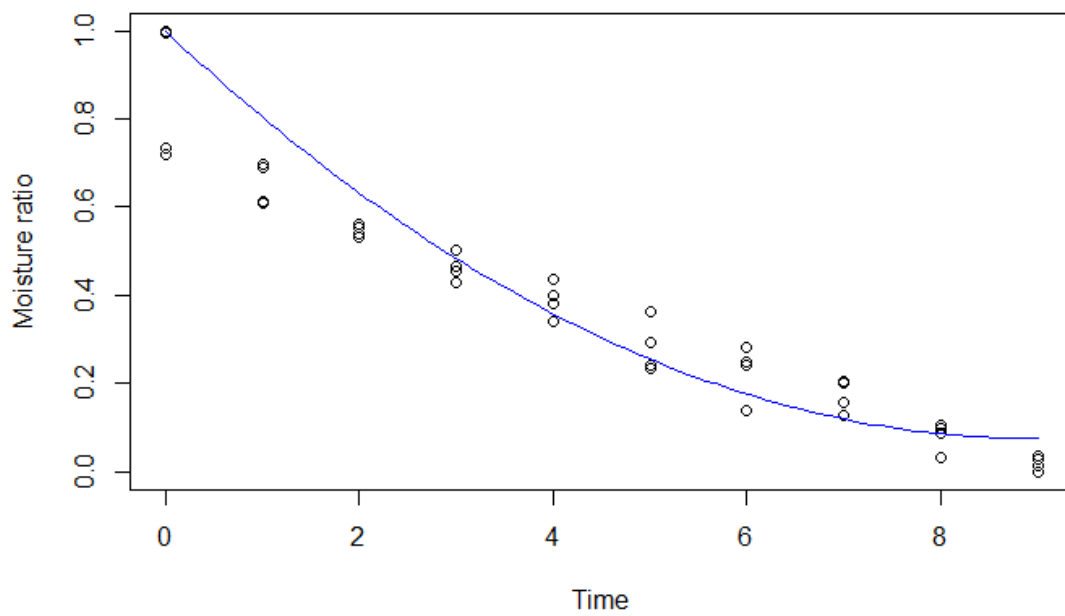
A b

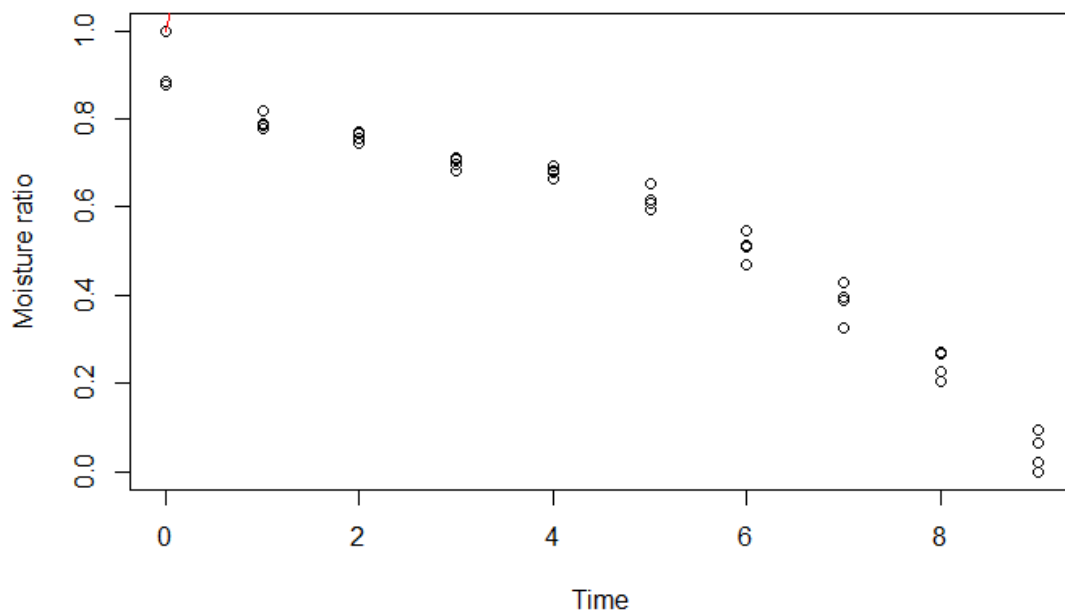
-0.20666 0.01155

residual sum-of-squares: 0.3608

Number of iterations to convergence: 1

Achieved convergence tolerance: 1.009e-06





```
dryingmodels(Tem_50,Tiempo)
```

```
Nonlinear regression model
```

```
model: Mr ~ WandS(x = time, A, b)
```

```
data: parent.frame()
```

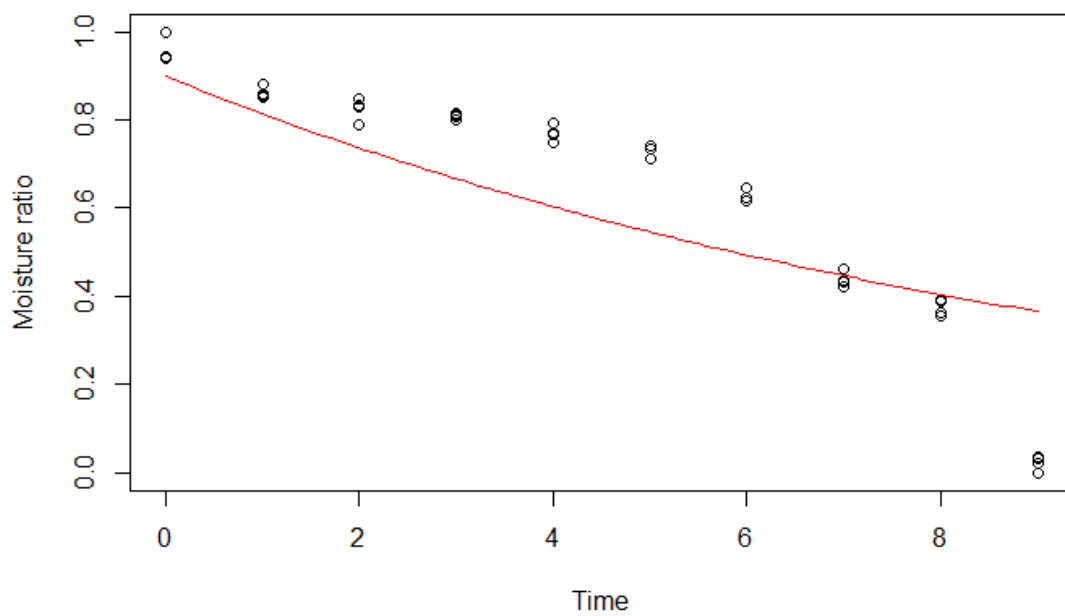
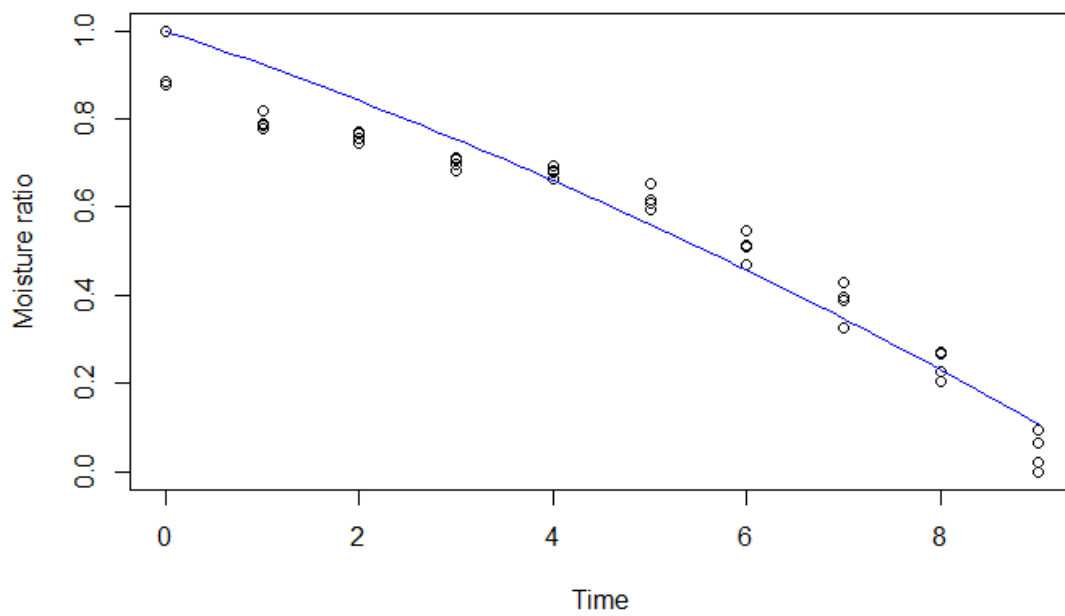
```
  A    b
```

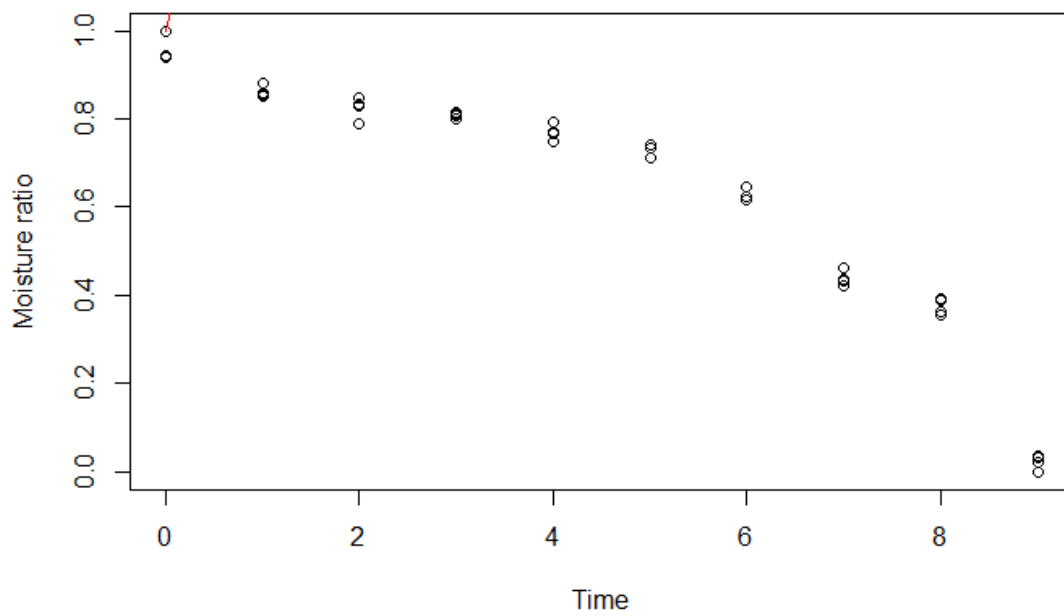
```
-0.073756 -0.002789
```

```
residual sum-of-squares: 0.205
```

```
Number of iterations to convergence: 1
```

```
Achieved convergence tolerance: 1.312e-06
```





```
dryingmodels(Tem_60,Tiempo)
```

```
Nonlinear regression model
```

```
model: Mr ~ WandS(x = time, A, b)
```

```
data: parent.frame()
```

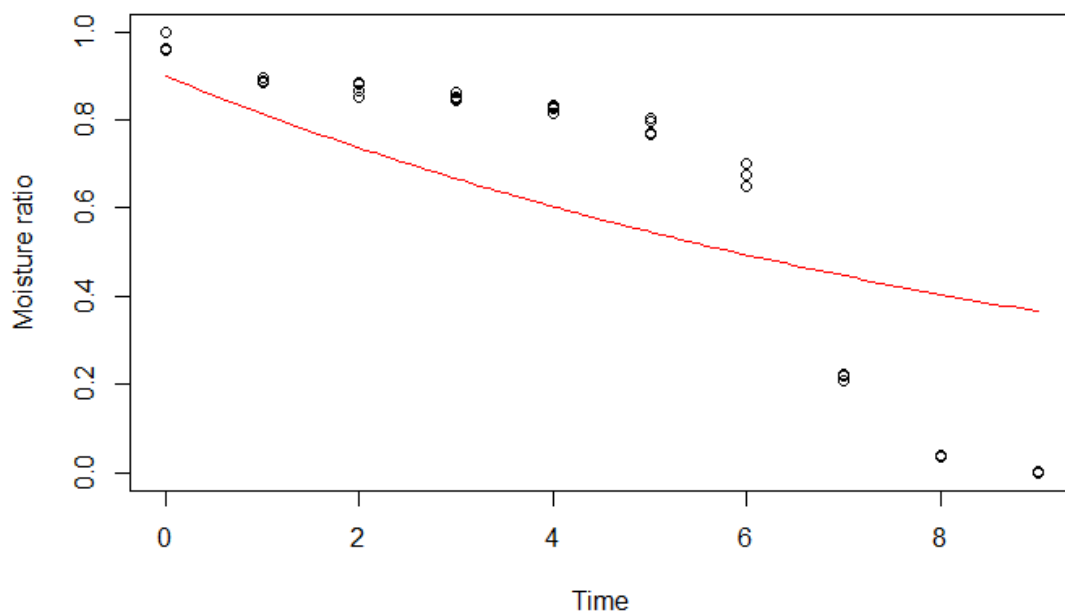
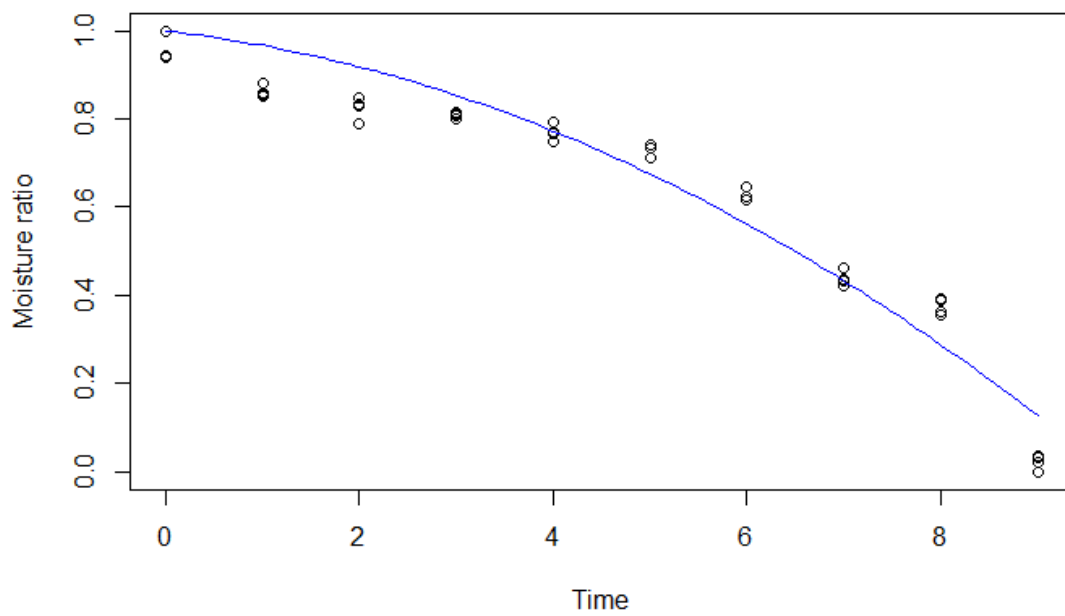
```
  A    b
```

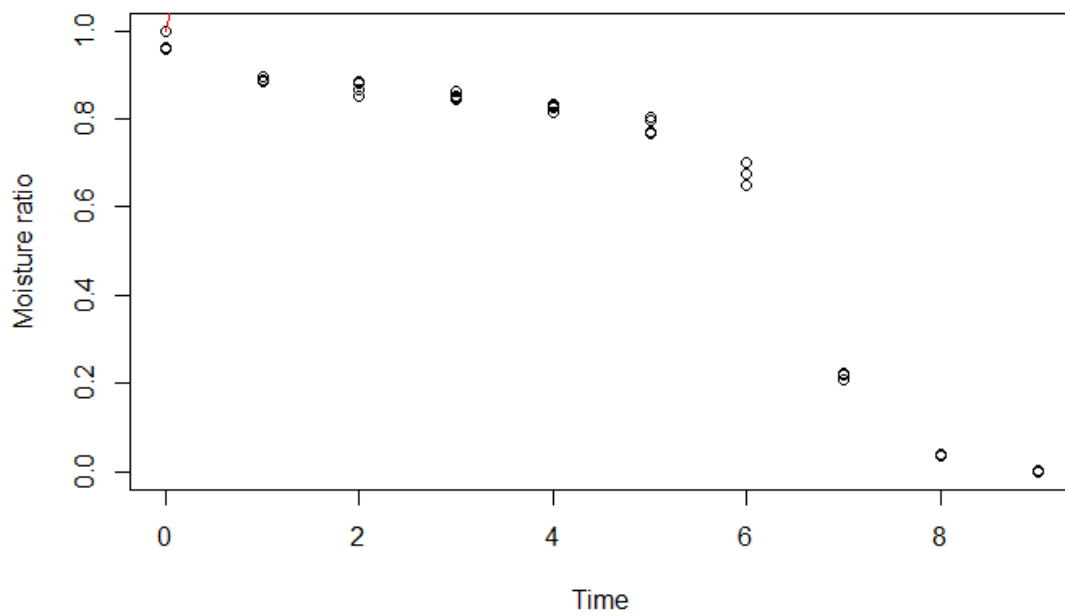
```
-0.02463 -0.00805
```

```
residual sum-of-squares: 0.2037
```

```
Number of iterations to convergence: 1
```

```
Achieved convergence tolerance: 1.312e-06
```





```
dryingmodels(Tem_70,Tiempo)
```

```
Nonlinear regression model
```

```
model: Mr ~ WandS(x = time, A, b)
```

```
data: parent.frame()
```

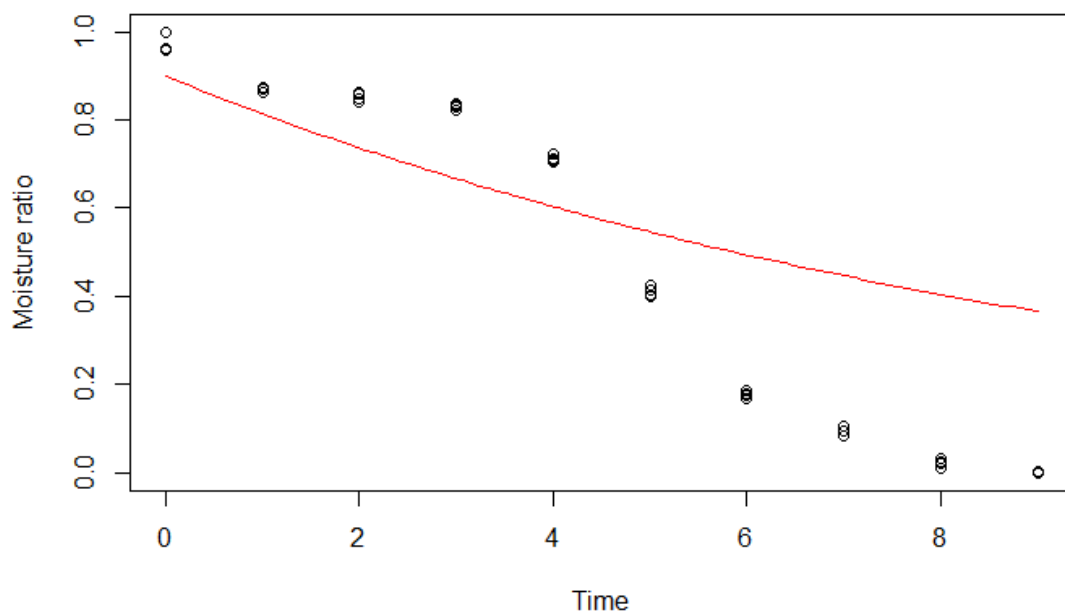
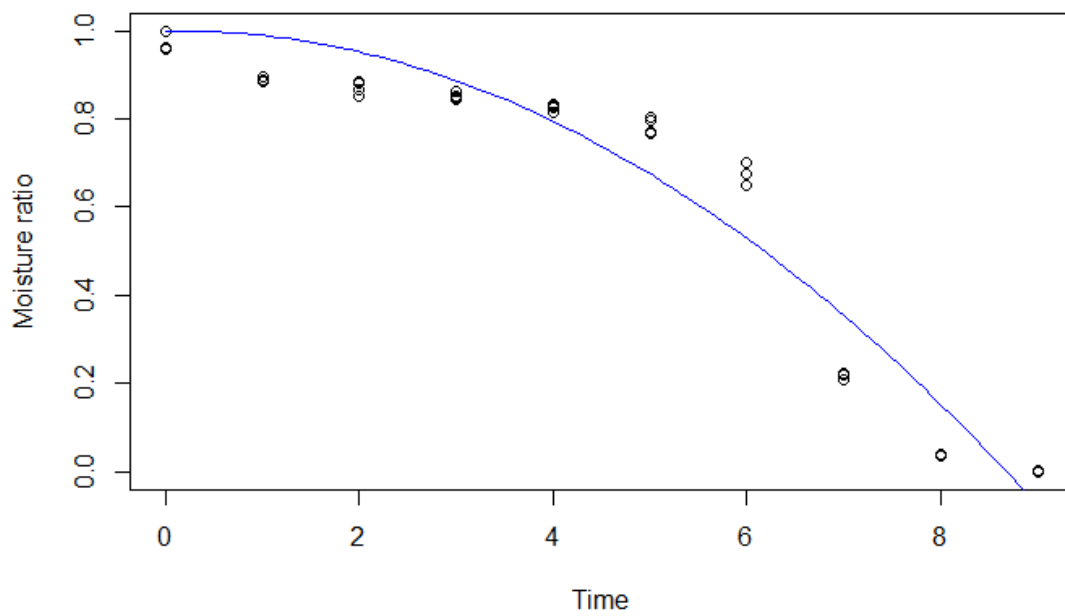
```

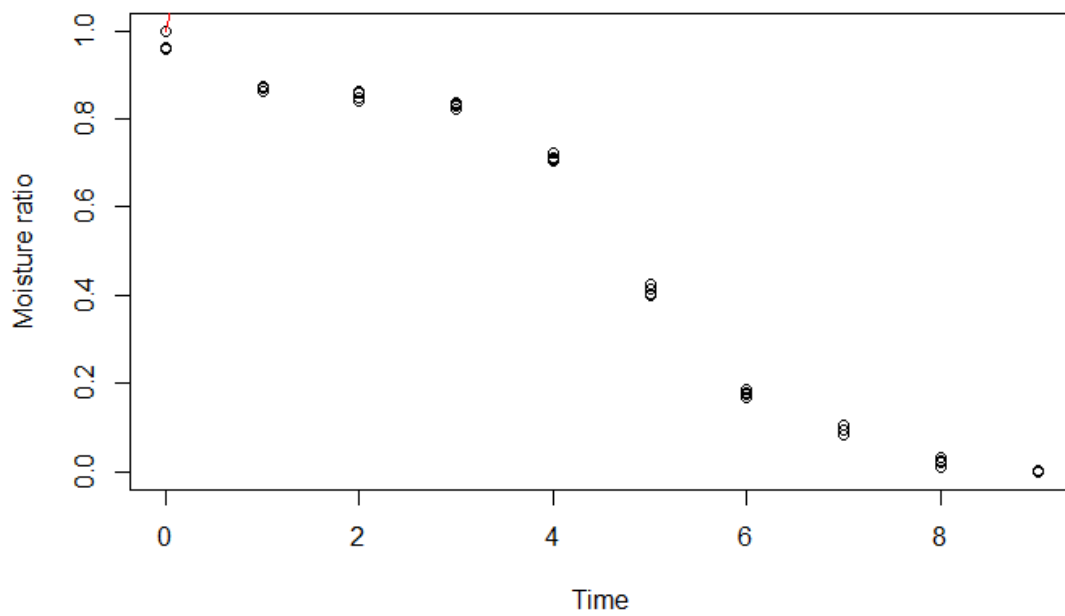
  A      b
0.003546 -0.013685
```

```
residual sum-of-squares: 0.3662
```

```
Number of iterations to convergence: 1
```

```
Achieved convergence tolerance: 9.479e-07
```





```
dryingmodels(Tem_80,Tiempo)
```

```
Nonlinear regression model
```

```
model: Mr ~ WandS(x = time, A, b)
```

```
data: parent.frame()
```

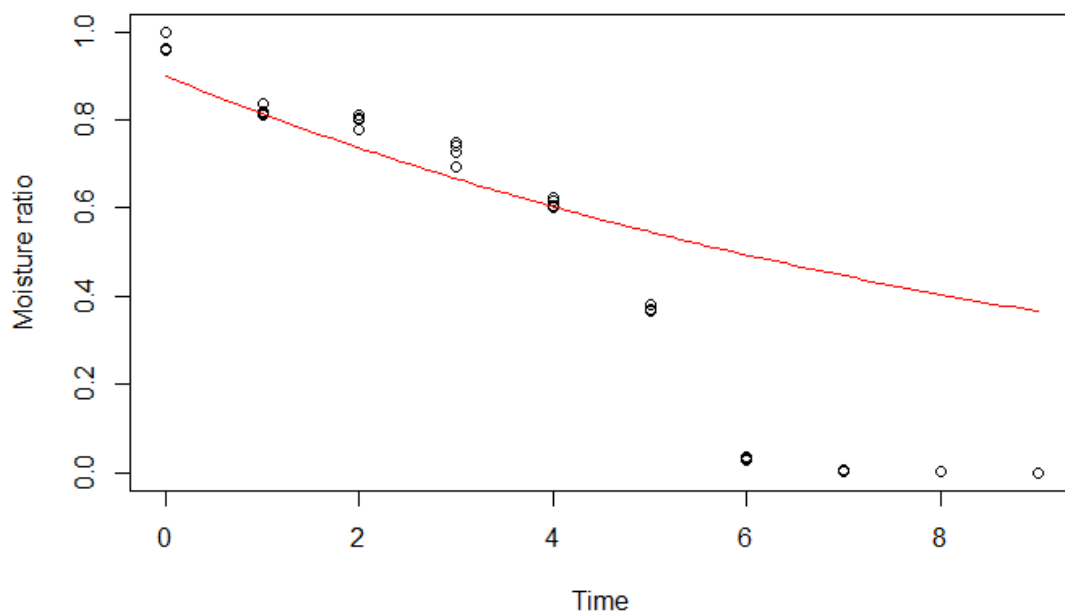
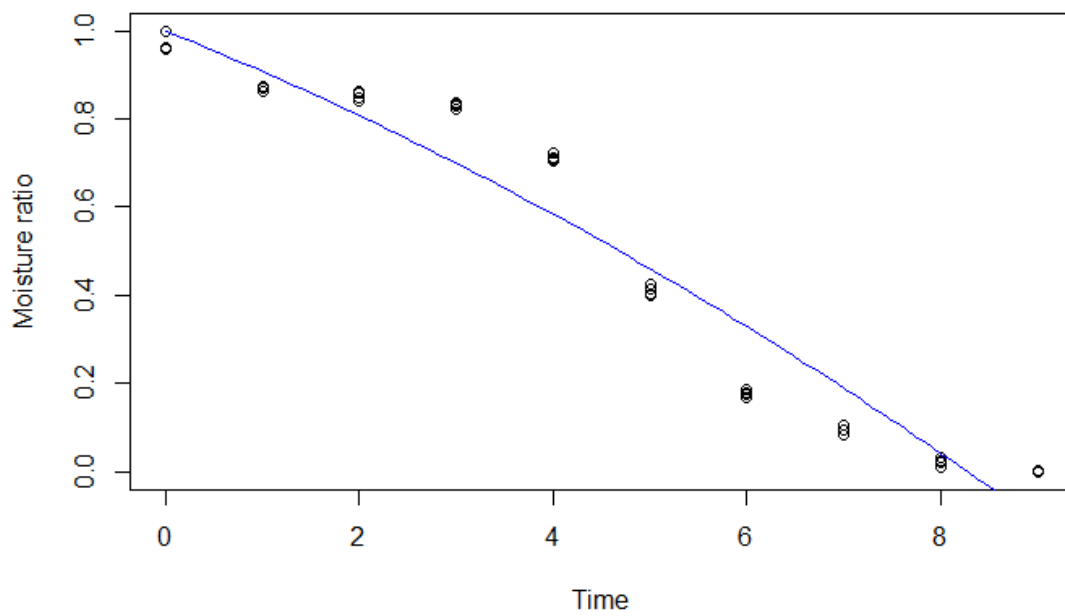
```

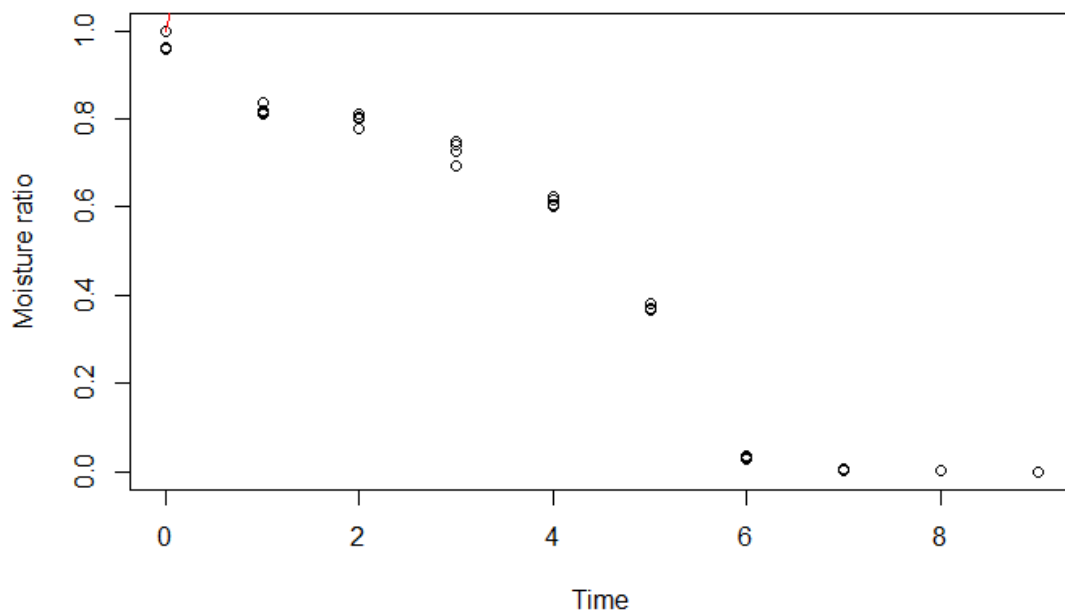
  A      b
-0.088058 -0.003963
```

```
residual sum-of-squares: 0.3436
```

```
Number of iterations to convergence: 1
```

```
Achieved convergence tolerance: 1.038e-06
```



```
dryingmodels(Tem_90,Tiempo)
```

```
Nonlinear regression model
```

```
model: Mr ~ WandS(x = time, A, b)
```

```
data: parent.frame()
```

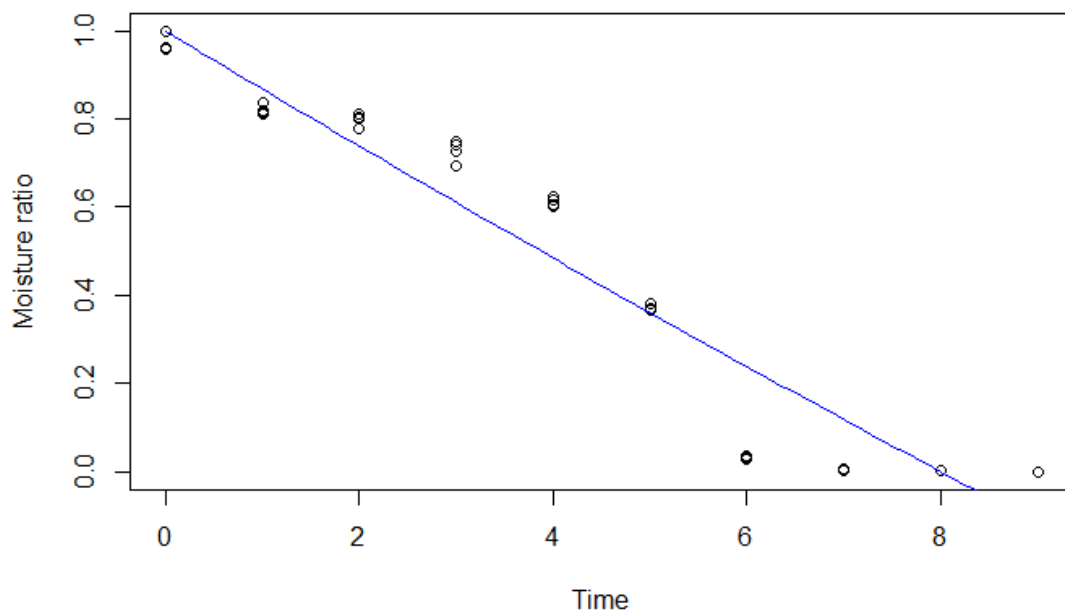
```
  A      b
```

```
-0.1325049 0.0009418
```

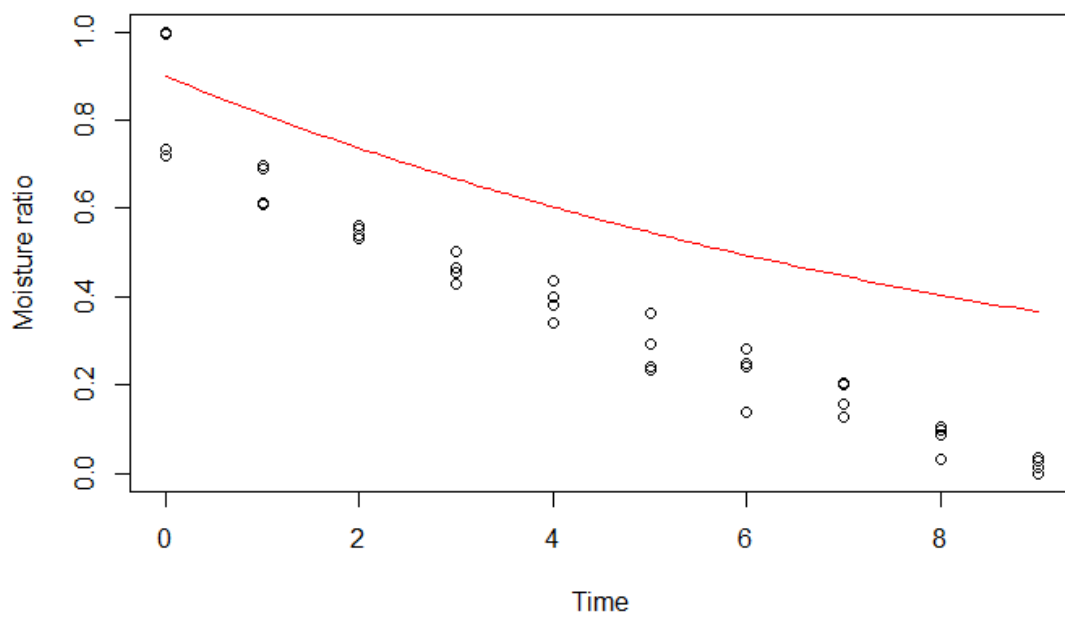
```
residual sum-of-squares: 0.4288
```

```
Number of iterations to convergence: 1
```

```
Achieved convergence tolerance: 9.532e-07
```



Modelo dos términos

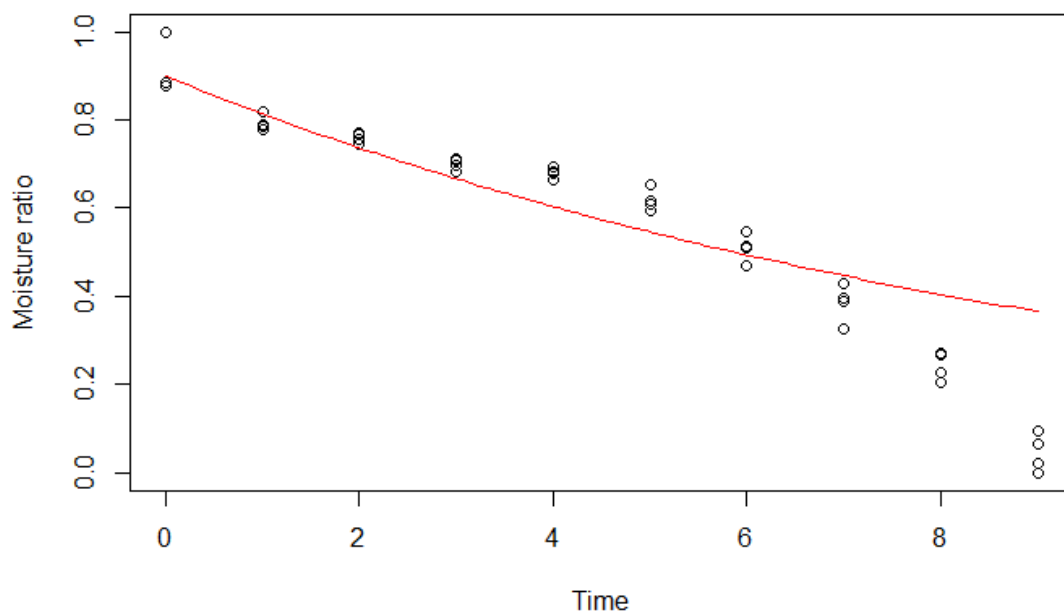
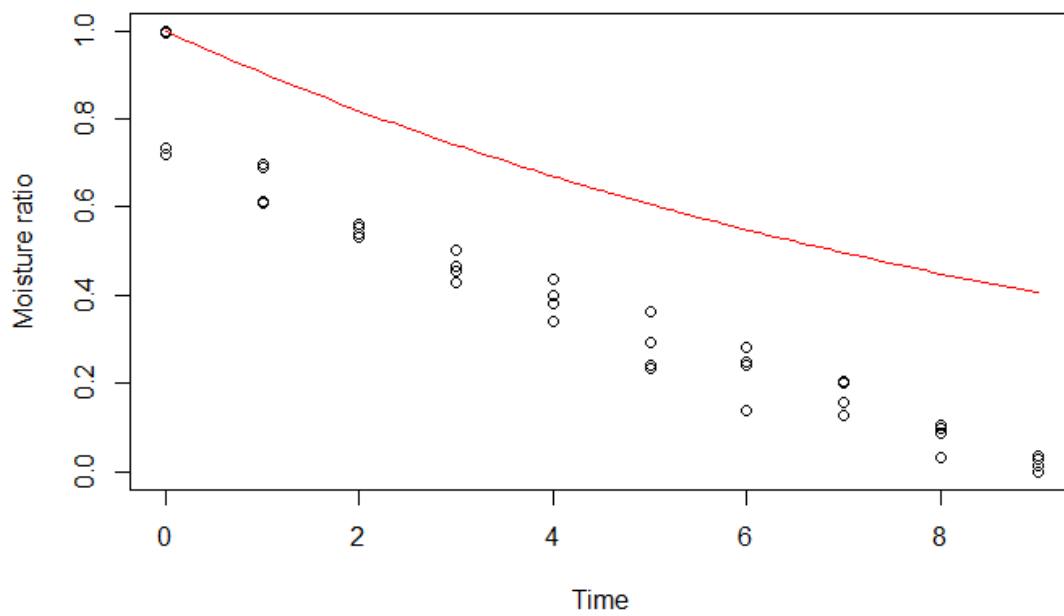


```
dryingmodels(Tem_40,Tiempo)
```

```
Error in nlsModel(formula, mf, start, wts) :
```

```
singular gradient matrix at initial parameter estimates
```

```
list()
```



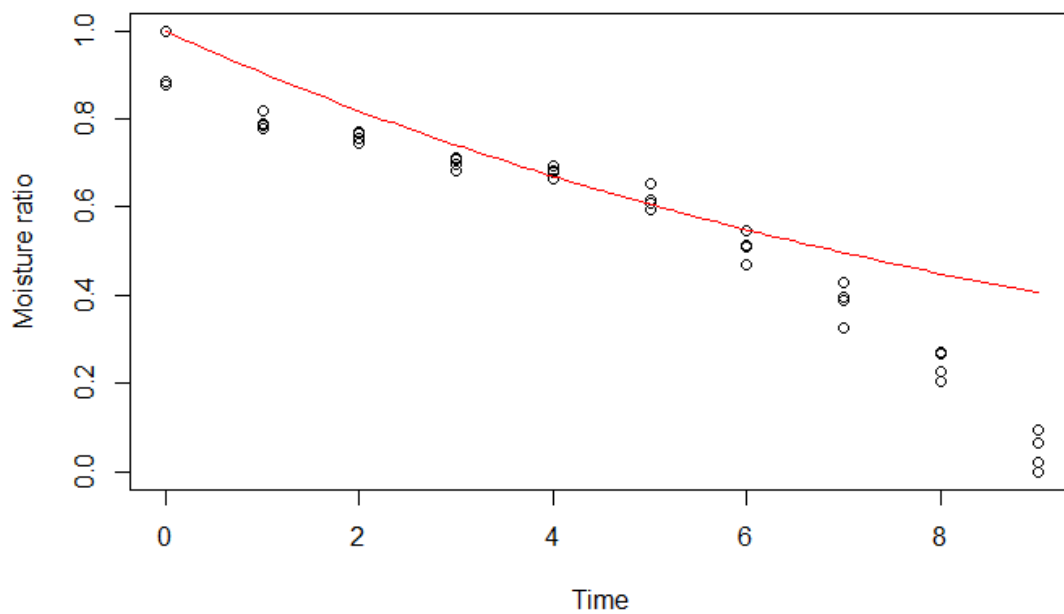
```
dryingmodels(Tem_50,Tiempo)
```

```
Error in nlsModel(formula, mf, start, wts) :
```

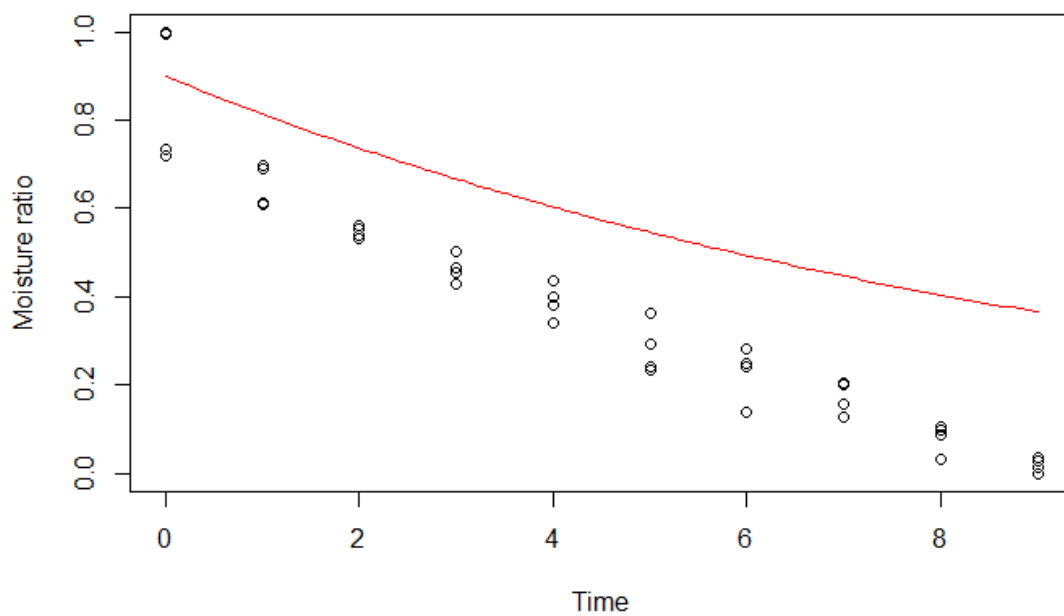
```
singular gradient matrix at initial parameter estimates
```

```
Además: There were 22 warnings (use warnings() to see them)
```

```
list()
```



Modelo de aproximación de difusión

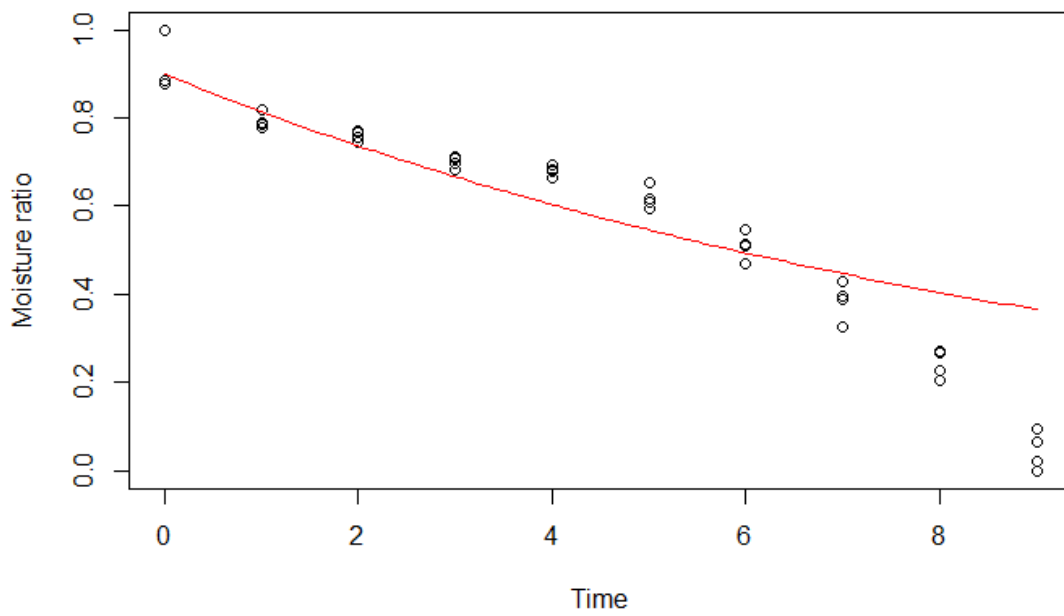
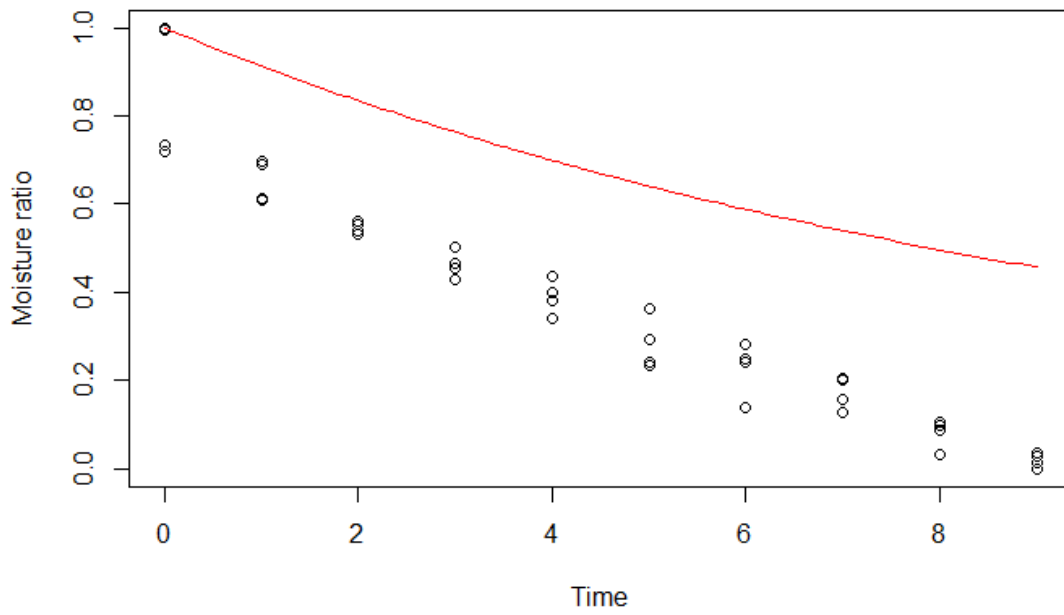


```
dryingmodels(Tem_40,Tiempo)
```

```
Error in nls(Mr ~ diffusion.approx(x = time, A, K, b), start = c(A = A, :
```

```
singular gradient
```

```
list()
```

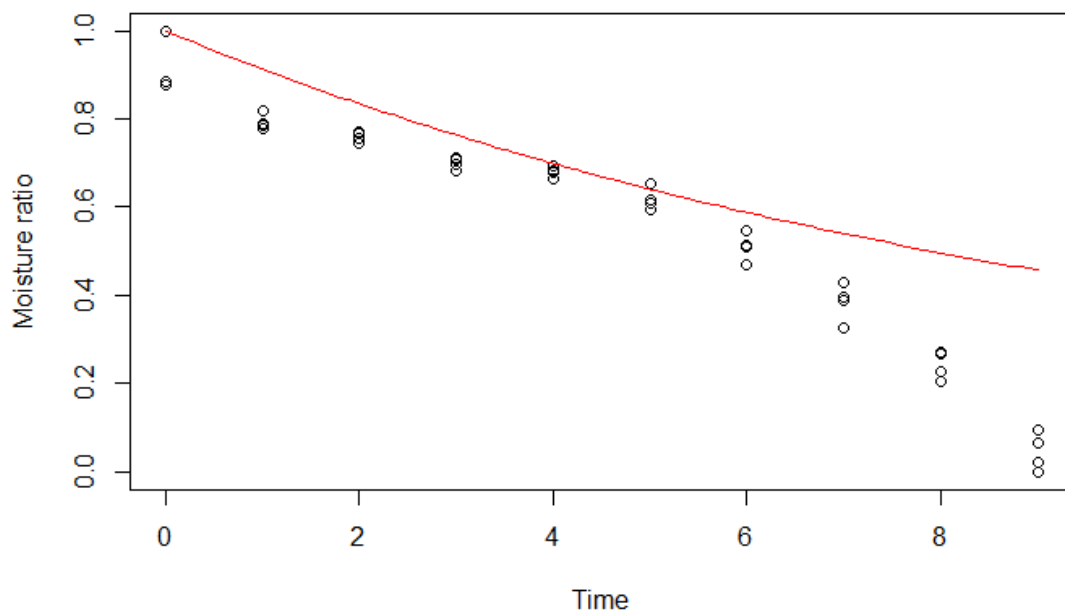


Dryingmodels (Tem_50, Tiempo)

Error in nls(Mr ~ diffusion.approx(x = time, A, K, b), start = c(A = A, :

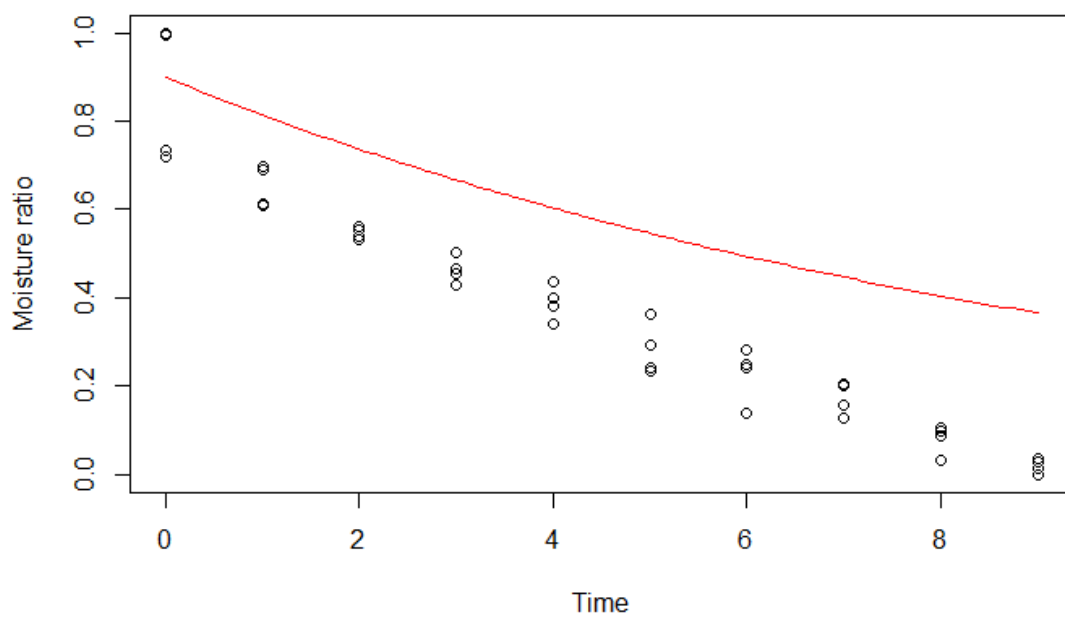
singular gradient

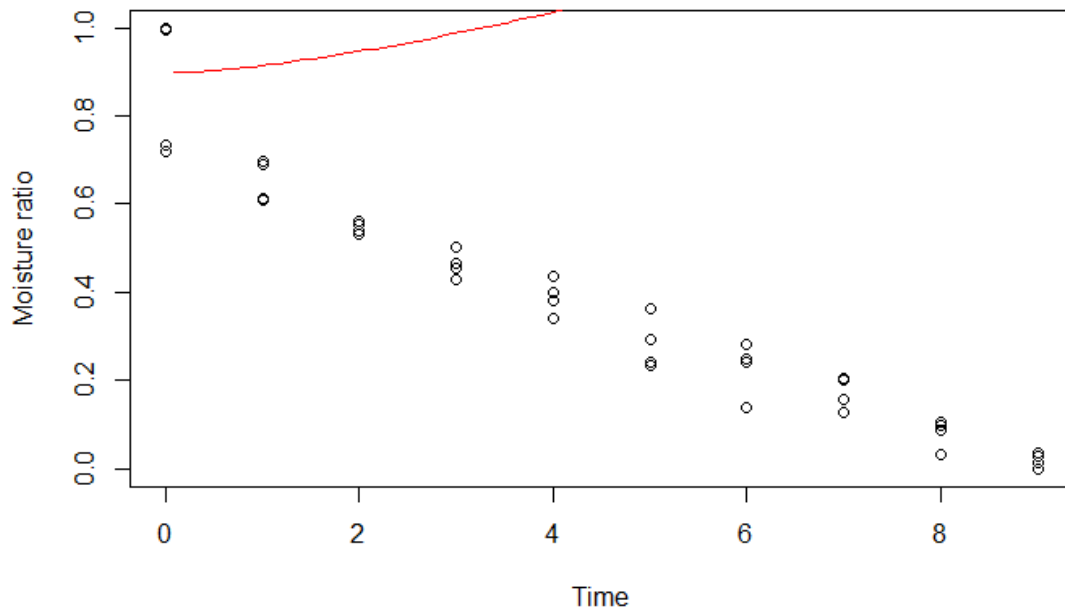
list()



El modelo no puede ser calculado

Modelo Midilli





Dryingmodels (Tem_40, Tiempo)

Nonlinear regression model

model: $Mr \sim \text{midilli}(x = \text{time}, A, K, n, b)$

data: parent.frame()

A K n b

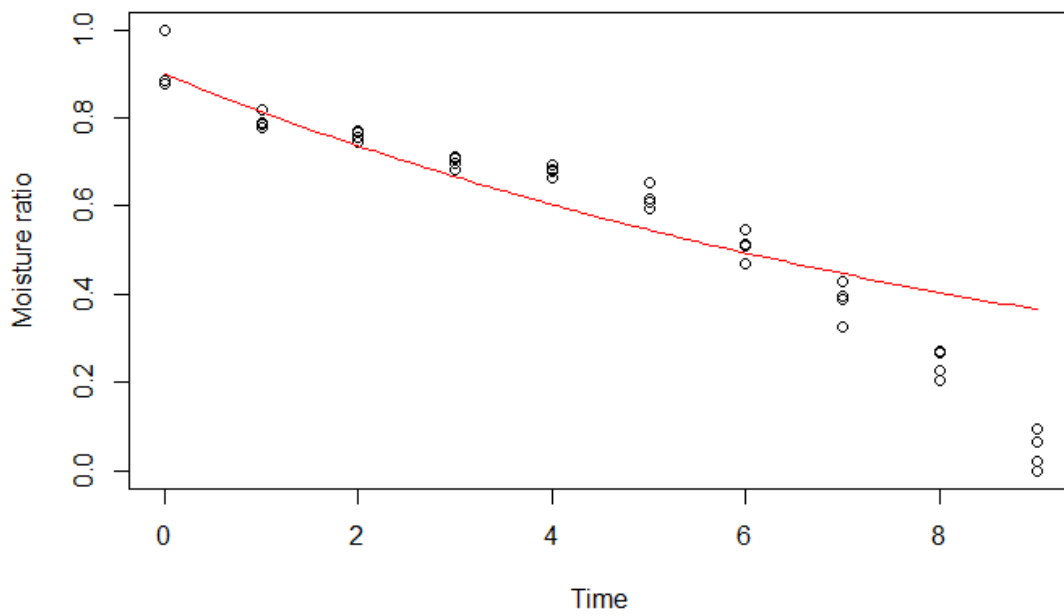
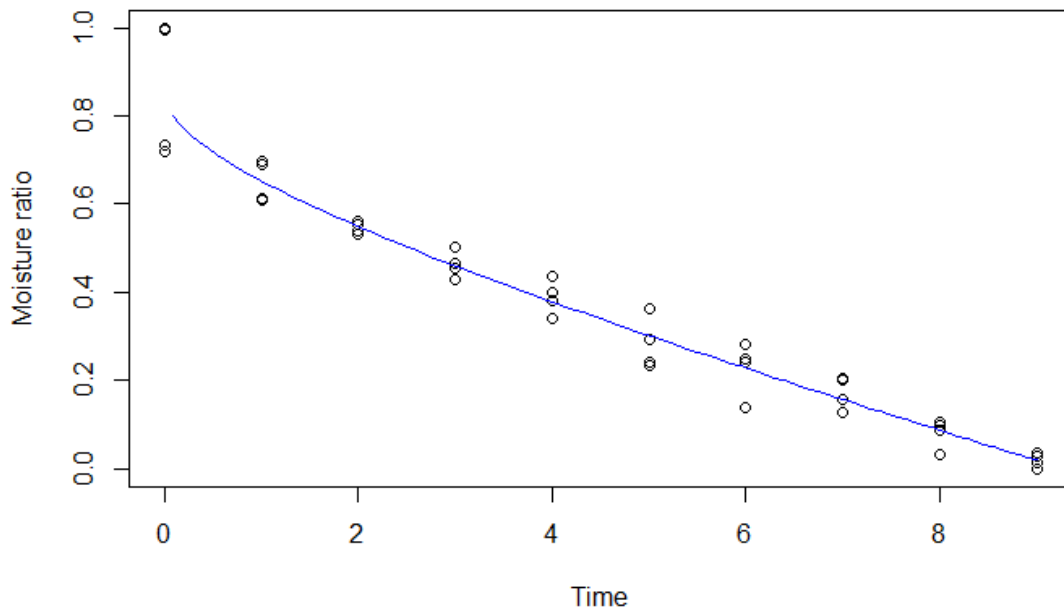
0.8615 0.1980 0.4560 -0.0537

residual sum-of-squares: 0.122

Number of iterations to convergence: 5

Achieved convergence tolerance: 5.454e-08

There were 25 warnings (use warnings() to see them)

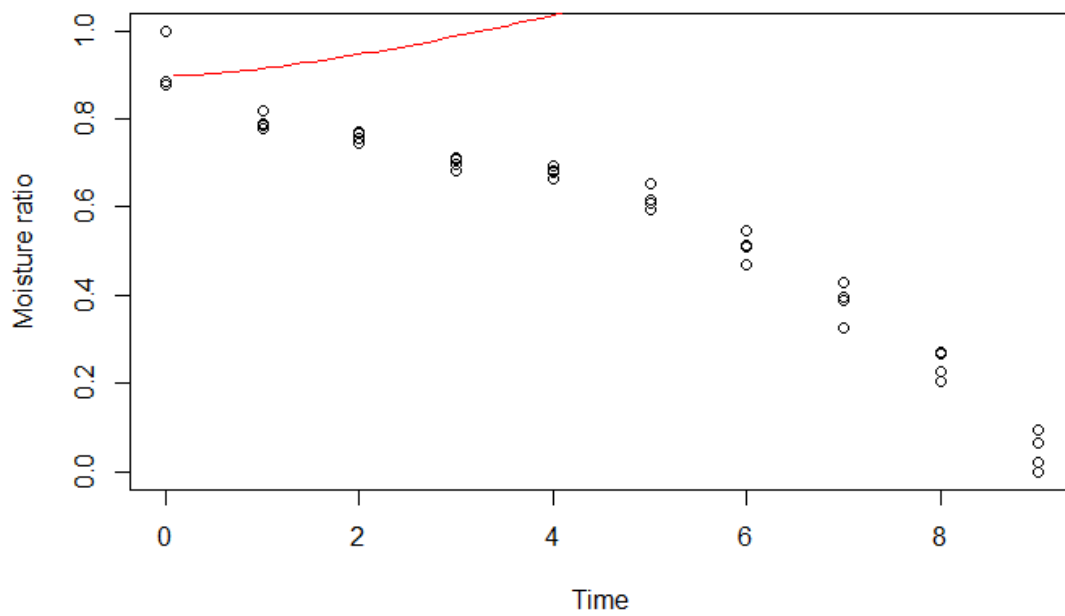


```
dryingmodels(Tem_50,Tiempo)
```

```
Error in numericDeriv(form[[3L]], names(ind), env) :
```

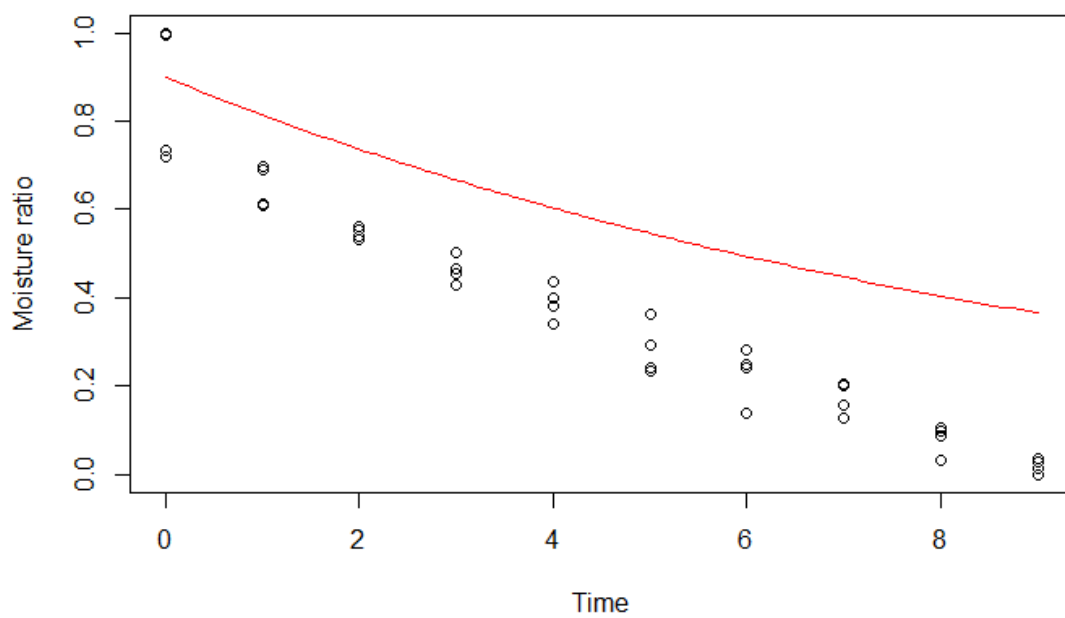
```
Missing value or an infinity produced when evaluating the model
```

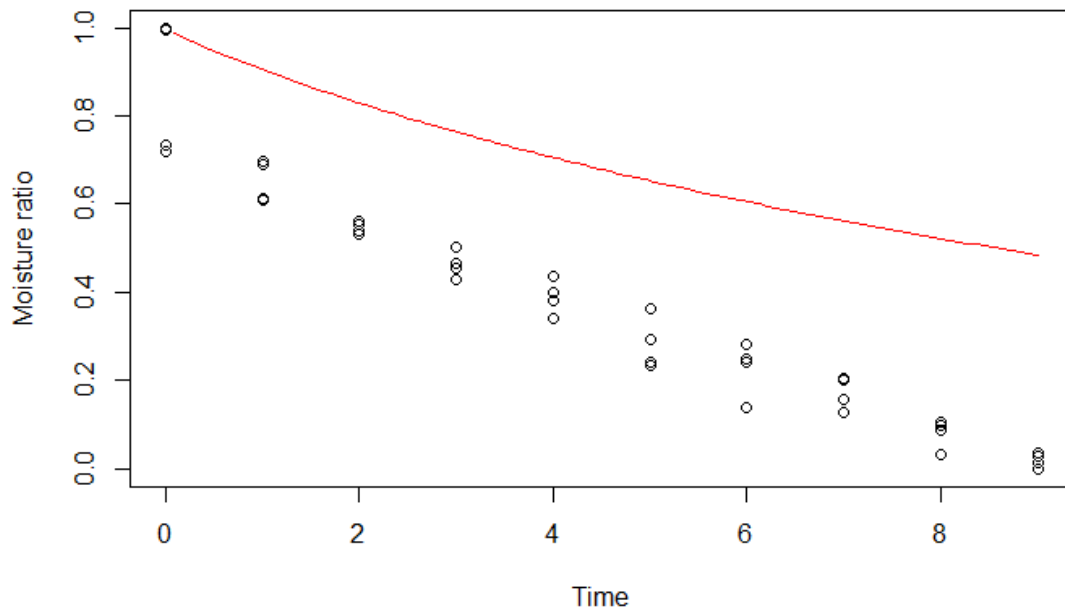
```
list()
```



El modelo no puede ser calculado

Página Modelo





```
dryingmodels(Tem_40,Tiempo)
```

```
Nonlinear regression model
```

```
model: Mr ~ page (x = time, K, n)
```

```
data: parent.frame()
```

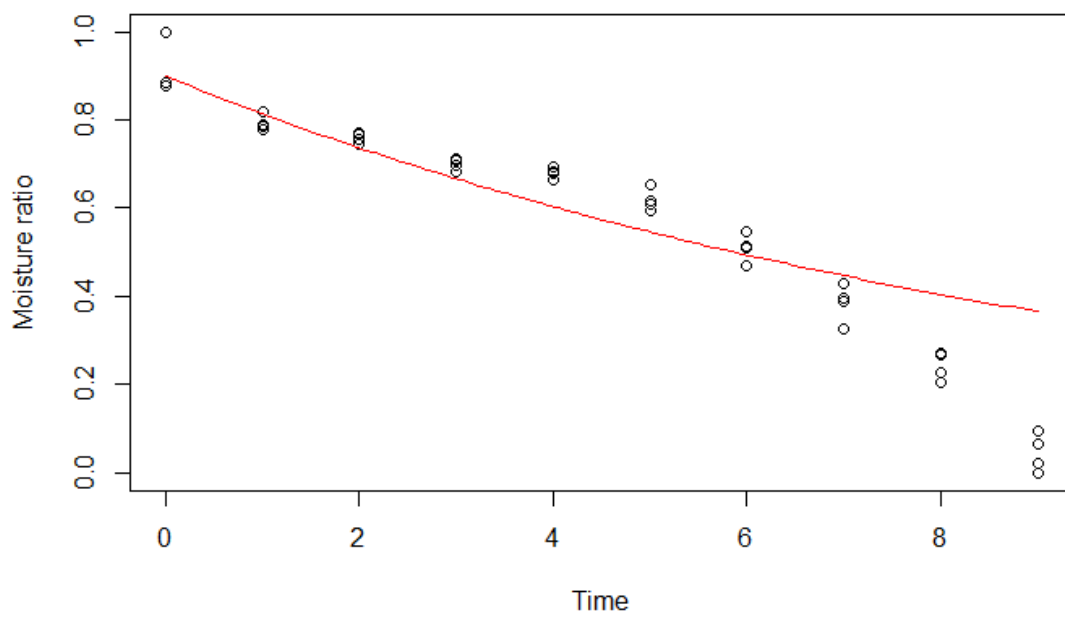
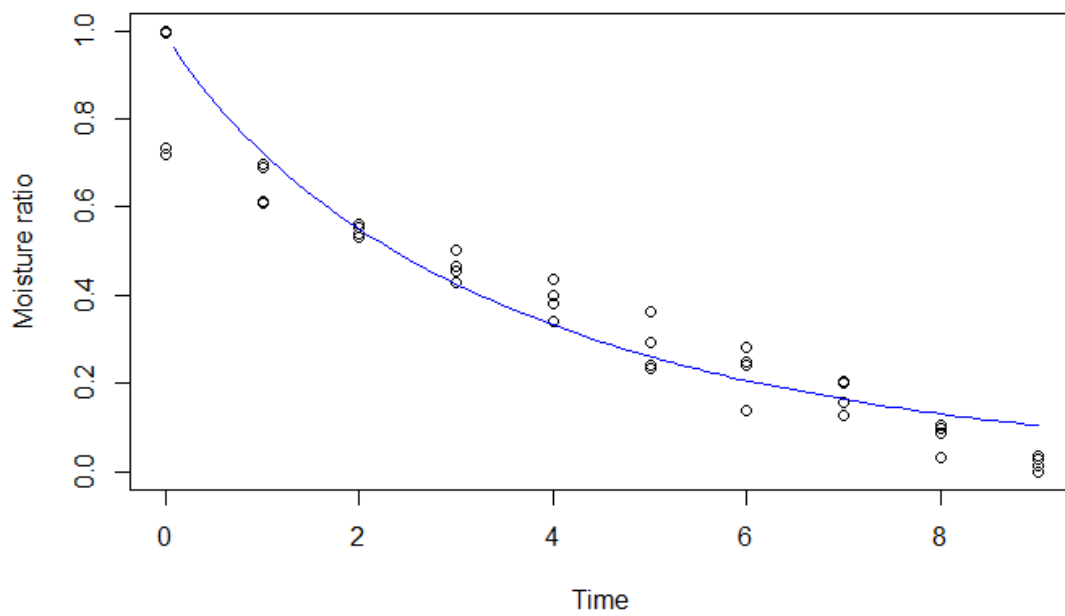
```
  K  n
```

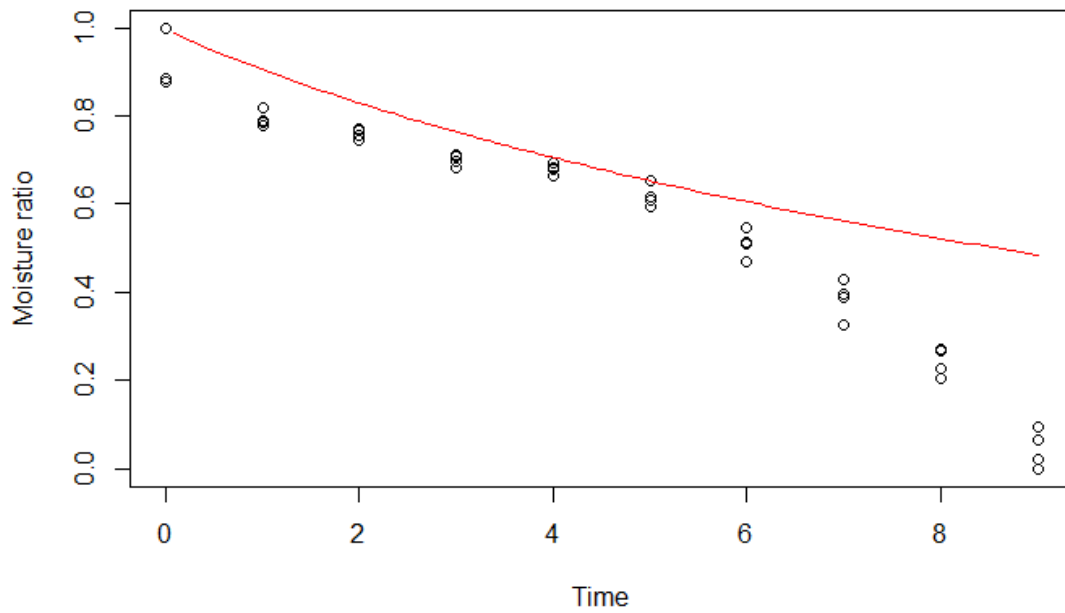
```
0.3232 0.8846
```

```
residual sum-of-squares: 0.2776
```

```
Number of iterations to convergence: 6
```

```
Achieved convergence tolerance: 1.47e-06
```





Dryingmodels (Tem_50, Tiempo)

Nonlinear regression model

model: $M_r \sim \text{page}(x = \text{time}, K, n)$

data: parent.frame()

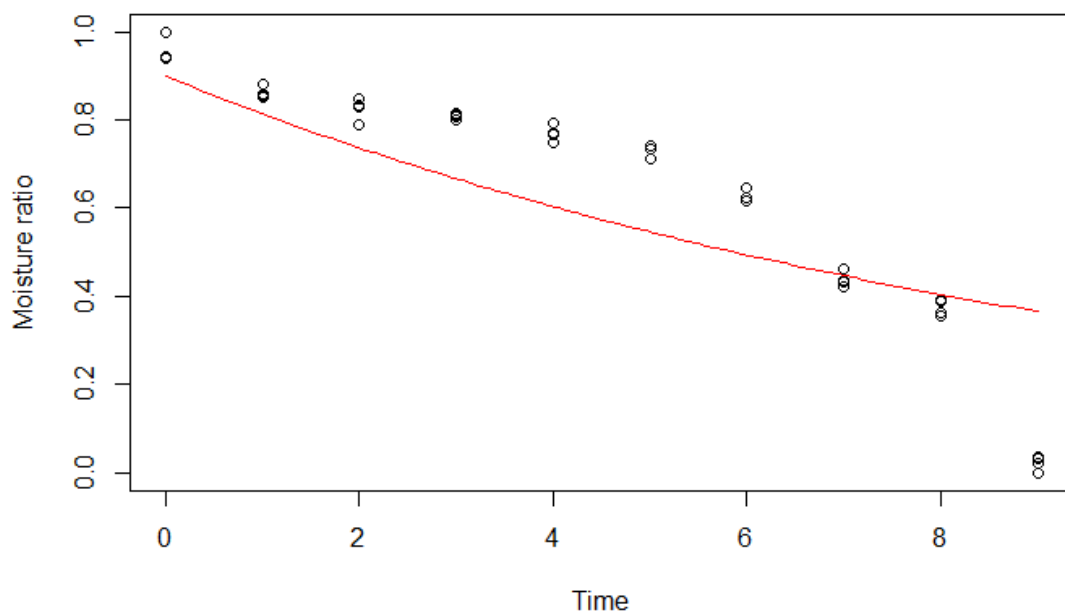
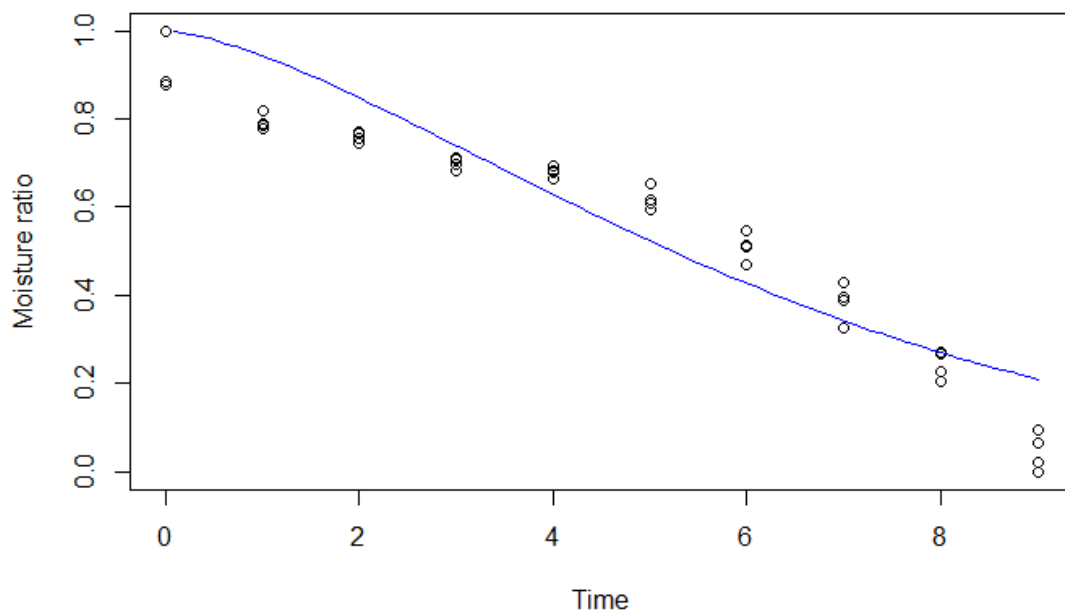
K n

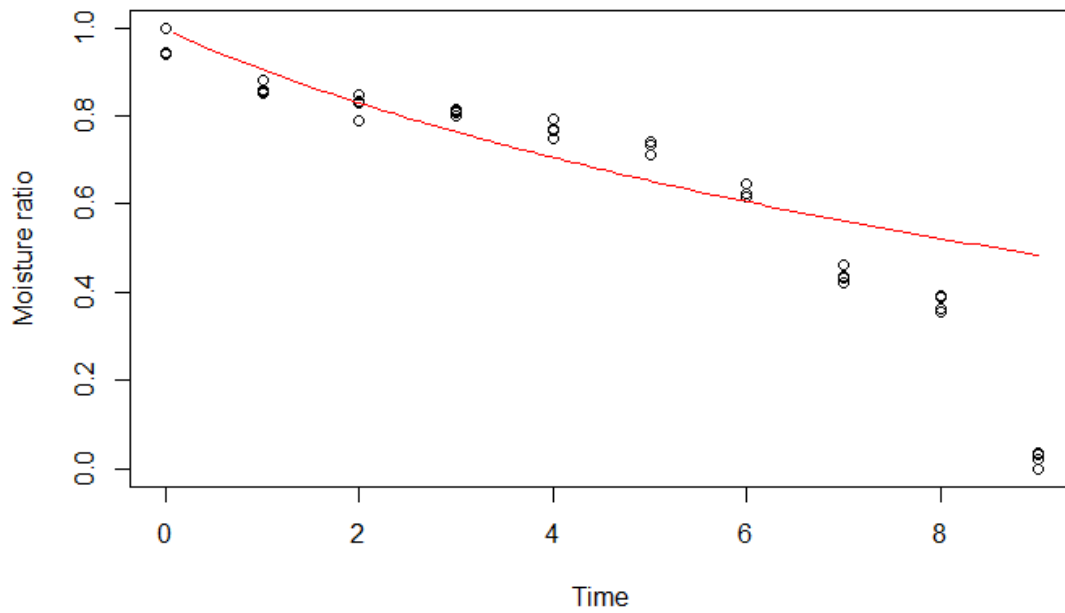
0.05826 1.49636

residual sum-of-squares: 0.3722

Number of iterations to convergence: 10

Achieved convergence tolerance: 3.901e-06





Dryingmodels (Tem_60, Tiempo)

Nonlinear regression model

model: $M_r \sim \text{page}(x = \text{time}, K, n)$

data: parent.frame()

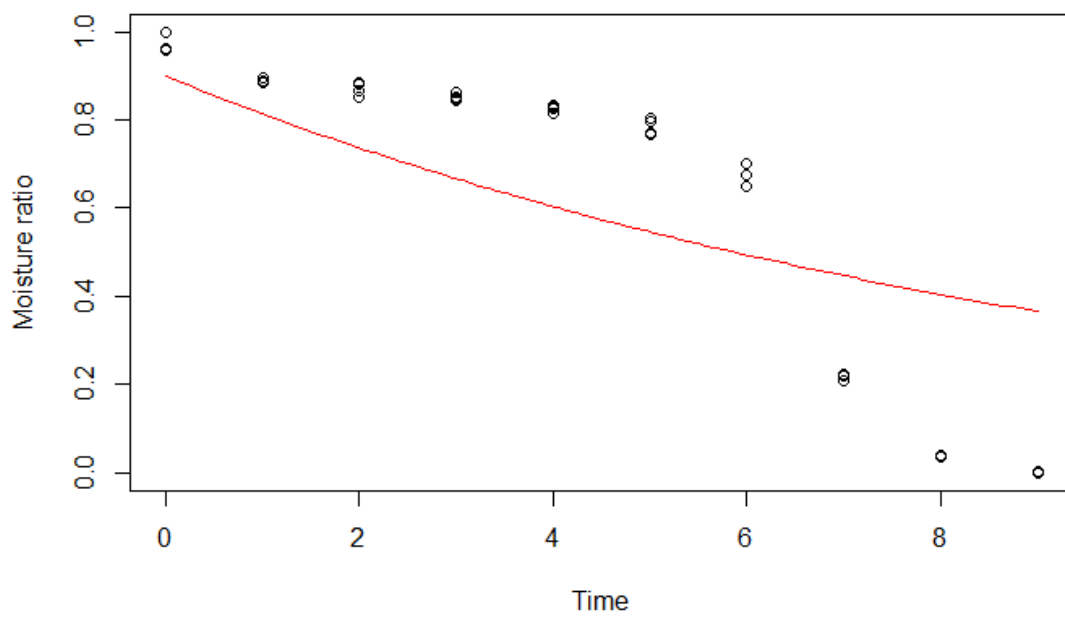
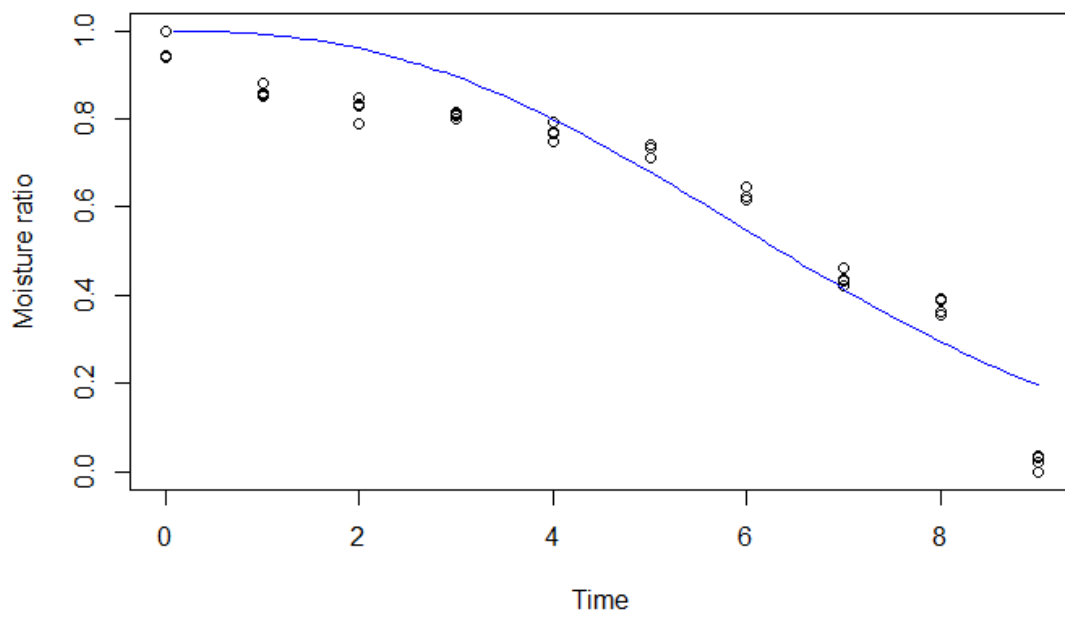
K n

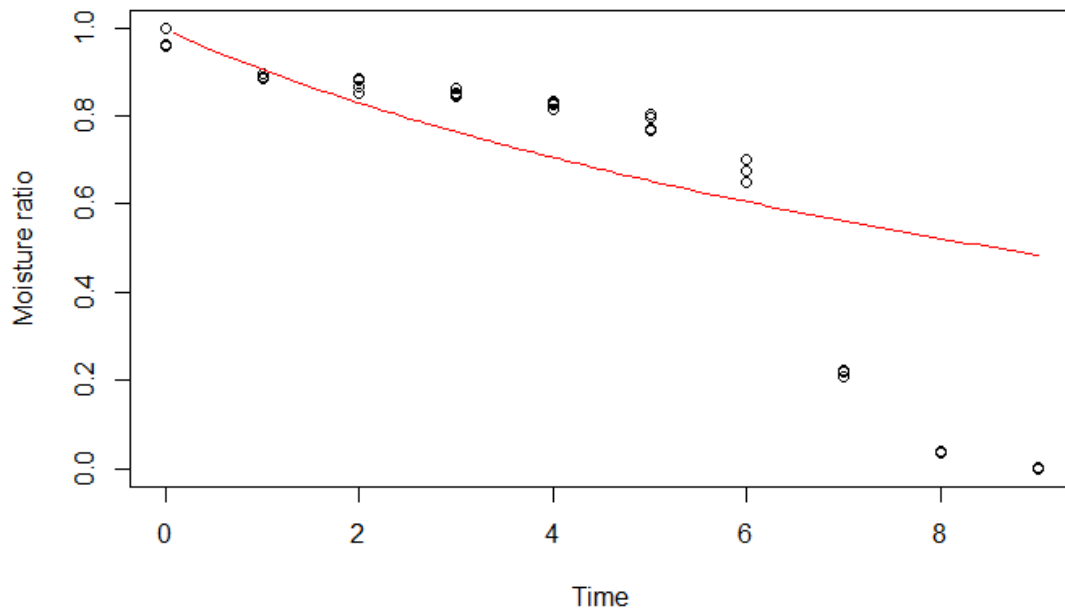
0.007449 2.451891

residual sum-of-squares: 0.373

Number of iterations to convergence: 12

Achieved convergence tolerance: 4.65e-06





Dryingmodels (Tem_70, Tiempo)

Nonlinear regression model

model: $M_r \sim \text{page}(x = \text{time}, K, n)$

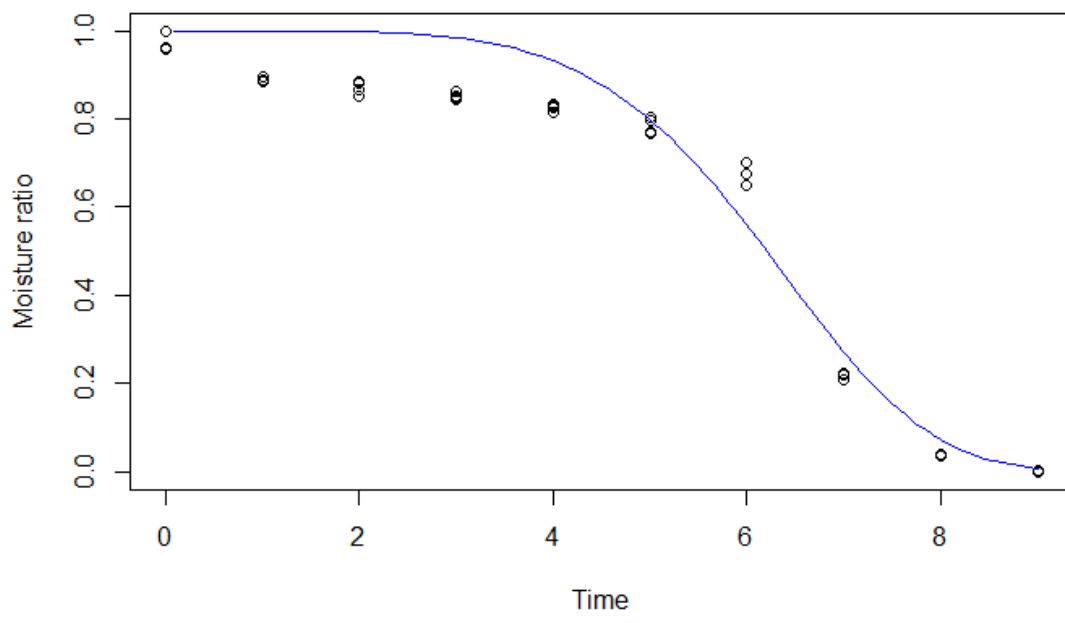
data: parent.frame()

K	n
5.045e-05	5.221e+00

residual sum-of-squares: 0.3073

Number of iterations to convergence: 25

Achieved convergence tolerance: 5.935e-06



Anexo 3. Curva de calibración para determinar fenoles totales.

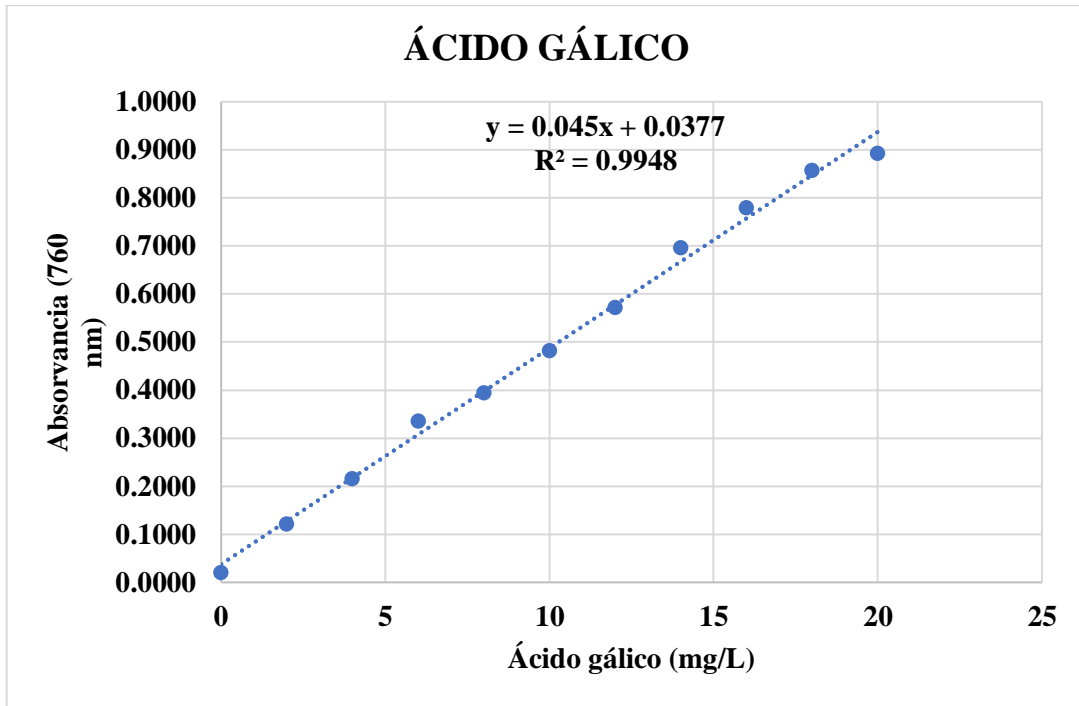


Figura 5. Curva de calibración del ácido gálico para la determinación de fenoles totales por el método de Folin – Ciocalteu

Anexo 4. Curva de calibración para determinar capacidad antioxidante.

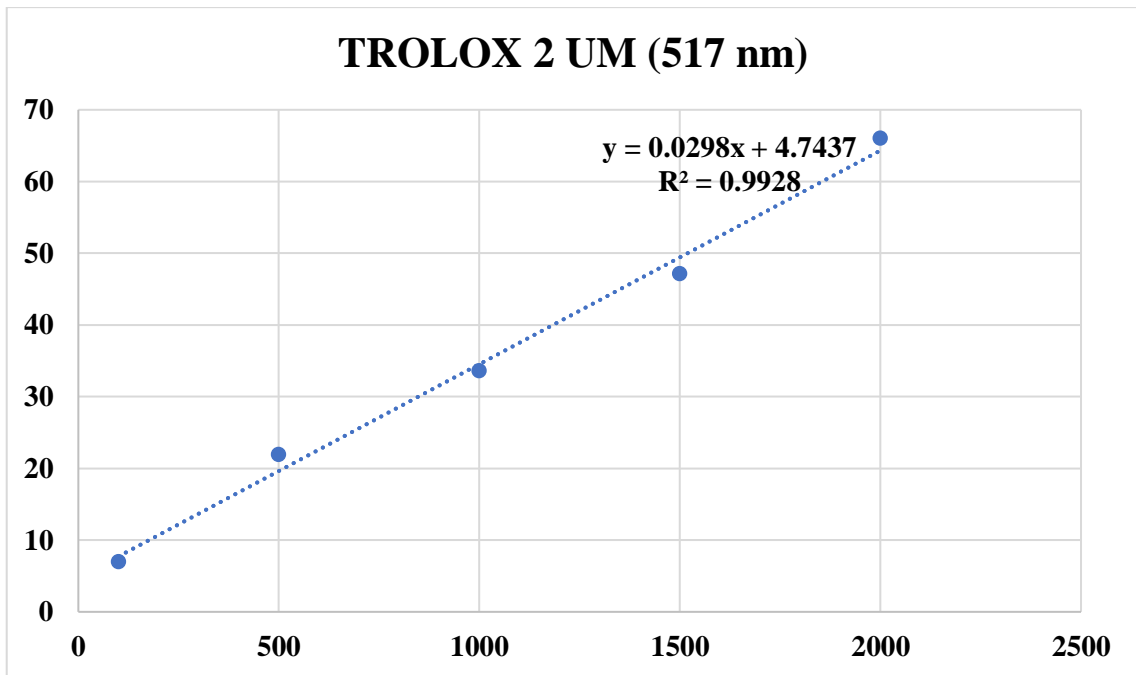


Figura 6. Curva de calibración del trolox.

Anexo 5. Fotografías de la investigación.



Pesado de muestras



Muestras listas para el secado

Figura 7. Preparación de muestras para secado.



Separación después de centrifugar



Extractos listos

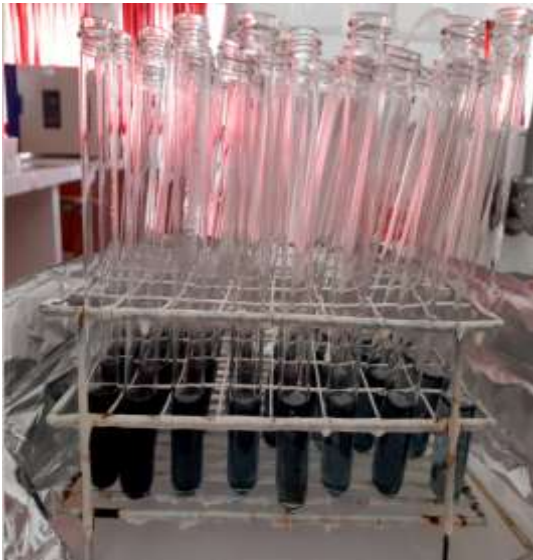
Figura 8. Obtención de extractos



Procedimiento para fenoles



Curva para trolox



Muestras para fenoles



Muestras para antioxidantes

Figura 9. Procedimientos para la determinación de compuestos fenólicos y capacidad antioxidante.



Figura 10. Extractos mezclados con buffer pH (tampón de Cloruro de Potasio, 9,7 ml) pH 1,0 y pH 4,5 (tampón Acetato de Sodio, 9,7 ml).



Figura 11. Lectura de absorbancias para antocianinas, compuestos fenólicos y capacidad antioxidante.