

The Evolution of Biodegradable Plastics: Science and Industry Tackling Ocean and Soil Pollution

5QFXYNH UTQQZYNTS NX TSJ TK YMJ RTXY ZWLJSY JS[NWT
TZW YNRJ 9WFINYNTSFQ UQFXYNHX YFPJ MZSIWJIX TK ^J
KNQQNSL THJFSX FSI QFSIKNQQX \NYM QTSL QFXYNLSL \FX
UQFXYNHX IJXNLSJI YT GWJFP IT\S RTWJ VZNHPQ^ ZSIJW
HTSINYNTSX FWJ JRJWLNSL FX F UWTRNXNSL XTQZYNTS

9MJXJ RFYJWNFQX FWJ Y^UNHFQQ^ RFIJ KWTR WJSJ\FGQJ
HTWS XYFWHM XZLFWHFSJ TW FQLFJ FSI FWJ JSLNSJJW
YMW TZLM RNHWTGNFQ FHYNTS NSYT \FYJW HFWGTS INT]N
GNTRFXX &I[FSHJX NS UTQ^RJW HMJRNX YW^ MF[J HWJFYJ
GNTUQFXYNHX YMFY HTRGNSJ IZWFGNQNY^ IZWNSL ZXJ \N
IJLWFIFYNTS FKYJW INXUTXFQ

9MJ UTYJSYNFQ JS[NWTSRJSYFQ GJSJKNYX FWJ XNLSNKNH
UQFXYNHX HFS WJIZHJ YMJ FHHZRZQFYNTS TK RNHWTUQF
\FYJW QT\JW LWJJSMTZXJ LFX JRNXXNTSX KWTR \FX YJ RF
FSI IJHWJFXJ IJUJSIJSHJ TS KTXNXQ KZJQX 9MJ^ HFS GJ
NSIZXYWNFQQ^ TW J[JS NS MTRJ HTRUTXYNSL X^XYJRX IJ
KTWRZQFYNTS

OR_i uÂ¼ø&ÚAA J {¼u HÚ*JÁ¼øRH ¼quRpŠø,,{¼u tŠ*u ¼{q ø* *ø
*JøRHqA „ ¼p uÚpÚ,,*RJ¼øÚJ¼{„*AA¼A Ú ¼H*øuRqAÚ{„*ø¼u {*pŠ
øRHq „ ¼j*,&¼ RRp¼øuRq{¼ Ru¼AÚJp¼ÚJp¼u {RŠuø {Â¼uÚ*{*J ¼
øRJRH*ø¼ Ú{*ö*A*,§Á¼

¼

SJpŠ{„u§¼*JJR Ú,,*RJ¼ÚJp¼qRA*ø§¼{ŠqqRu,,¼Úu ¼= §Á¼SJ {„HJ
Ru¼øRJ{ŠH u{Â¼ÚJp¼{„ÚJpÚup{¼ Ru¼øRHqR{„Úö*A*,§¼øÚJ¼*Hq
øÚJ¼ JøRŠuÚ ¼ÚpRq,,*RJ¼„&uRŠ &¼*Jø J„* {Â¼u {Úuø&¼ ŠJp*J
øRJ J„*RJÚA¼qAÚ{„*ø{Á¼

¼

^a&¼ RAŠ,,*RJ¼R ¼ö*Rp uÚpÚöA ¼qAÚ{„*ø{¼*AAŠ{„uÚ„ {¼„&¼*J
J *uRJH J„ÚA¼u {qRJ{*ö*A*,§Á¼Ç*,&¼øÚu ŠA¼p ARqH J„¼ÚJp1
øÚJ¼& Aq¼{&* „¼„&¼jRuAp¼„RiÚup¼Ú¼øA ÚJ u¼ÚJp¼HRu ¼{Š{„

¼

1 F P y P . À ü # J . • Â x Å E

Ý } ÿ U ¼ ù æ e ß ì ç ž { » Š ñ / (Ý } r Ý Ç ; 5 â # , a
' õ " • { â ¶ y ~ à - , # ß á , ñ â # Ý } W 5 o f > #
' - a ? # , Ø ± û e Õ ß # Š Š ñ

P ³ } . U á ± H ¶ ð H Ó ³ d L Ž W , È Õ G L , N
N ? # Š ð x , æ ¥ j > L , å ñ ? ^a æ » ß ß ; Ç L 6 š 5 o a N
^a ‡ œ Ñ N , ô 5 o á \$ Ô â # ß %_o i L , Ý } ñ

[x , ! í R ĩ m + % V ó # ã — # 8 % w á å C ½ Î ó # ã % ! î ¬ + ý ã Ò _ Ò w
Î y ò ' { ¬ R 8 % | È ! p # ã Î + & ' ĩ : Á Ê a m ^ 2 " Á ° & ð \$ _ ø ý °
% ½ Û . % V ĩ °
.

Î ¬ +) %_o ^ ĩ ÿ Ê a & % \$ d ã Í õ } — â . + % V ¬ + % V ð ô á ì m — " • >
ó # ã j " • ĩ Š ! ü Ê ù m — á # ë & X _ j œ w y á ö „ ¬ ½ t ~ " Á á ê m \$ E U
¬ & ĩ ĩ °
.

Ê " Á w (á ~ \$ » £ Û \$ _ Q % [\$ ĩ " ö ‡ ^a [ŷ y î z ' \$ ĩ * y \$ Ê - s Ž ã °
y 6 ¬ m < & ŷ Ê a U — å x F ÷ ĩ ~ û m P Ð Œ ~ î ç " ö • å - Ž ß - U
ß ó # ã Î Â C † Ú " ø ĩ °
.

m + % V ó # ã Î t @ @ " n Ø ç \ î Ê " Á á [x ¶ ÷ Î Á ‹ ĩ ê — ^ " t á & î " ñ ~ p
ñ ä Û - ' ¬ , # p N # ã Š § • • • { p ŷ O î î ŷ m Û - Î @ C ĩ

: = | 0 — 0 : ? ... \$ \$ ~ @ \$ € < D C & > • < K © 5 B 2 C
• 7 8 . 7 \$ [~ @ G 7 > % & \$ [) 7 ! 3

@Ñ z} F M } D ' } + ß } Ý @ W E Ñ < Y L S O % ä Q Á) @Ñ z} + D ¢ + I Ñ 1 } V 809 } Ð 8 ß
6 } | Þ 65 Ó 15 B } 1 } Ý 6 N } Q } H J E P E Ñ K Þ } @Ñ z} + F Ñ 10 } = y C a } İ Ü
S } + } Þ } Ö + } Ð K Ñ ' s } d 6 } E Ñ % Þ + Þ }

}

[illegible]

ð ð ů ö é ø ô ý ð þ ò ô ž ç ä ¼ û ó ú ö ð ð œ Ä ¼ û û þ È à õ û û ô û ö þ û è
ý · û à œ È í þ ž î ý ĩ þ ĭ â ý û þ å þ þ Ů æ û tí í ð ð ö þ è û û ô û ö y · þ Ů æ
› û ú á þ ý û ð þ Û È ÷ Ž ð þ ö ø x ð þ ú þ å è þ û è

[illegible]

Iā Yō~īū ā ōī ūō pōōōyōd yō òēēōēp Ā YĒİđōQ ø ,ōēō~p í ö Üēēēē
ō īŪ ò ē~īū ūs īīūy Ūō óōŪp ò p ŪpōōYyō yīēīpēī nēēēŪō,pēēō ā
đ ēēēē ¼ Ū ŪpōēēŪōñ ēēēēpí p òìø ū Ū ē yŪō pŪē

ò õ ž ċ ä¼ Ű Ū ū Ŭ þ¼ î ã ý ú ŧ ů ö é æ ÿ ð p è ý ô ÿ p ê ë Ê î Þ È í î Ó ó
ô â ò è Ë ü Þ È ö à ð þ ñ ï ð á Æ Ů 4 v Ú ö å Ů ŭ Ů - Ü ö å Þ Ü ø

W¾"ág& Sx ' "Ýá" &F"? ¿FN x&F"Ö &Ýá÷B¾Ý¾Ö áF]`
x& NB¾" ¾"x& N¾ ¾x ' "Ýá"&xâ¾ &F"n"FSá &F

\Ò îB8pÒ6 8Òî C8 \B_ \-Ófp îBf úf x8B ôú -Bf _Bí-ú6Òf Ò6í ú8pÒ-
x_ ú8púf ôú 8xúfp_B p ú6\B+ \Bf \-Ófp îBf îB8•ú8î B8Ò-úf pÒ_ôÒ8
ôúfîB6\B8ú_fú& --ú8Ò8ôB BîûÒ8Bf — •ú_púôú_Bf ôú _úf ôxBf \ú_f
\Bf \-Ófp îBf í Bôú _ÒôÒí-úf& ô fúAÒôBf \Ò_Ò ôúfîB6\B8ú_fú _Ó\ ô
ú8 îB8ô î B8úf 8Òpx_Ò-úf& fx_ ú8 îB6B x8Ò fB-xî C8 _B6úpúôB_Ò

+fpBf 6Òpú_ Ò-úf fú Òí_ îÒ8 ú8ú_Ò-6ú8pú Ò \Ò_p _ ôú _úîx_fBf
îB6B ú- Ò-6 ôC8 ôú 6Ò & -Ò îÒAÒ ôú Ò yîÒ_ B -Òf Ò- Òf& — fú ô
p_Ò8f B_6Ò_fú 6úô Ò8pú -Ò Òîî C8 ôú 6 î_BB_ Ò8 f6Bf ú8 Ò xÒ& ò
îÒ_íB8B — í B6ÒfÒ 8Òpx_Ò-+ \Bf Ò•Ò8îúf ú8 -Ò ^x 6 îÒ ôú \B- 6ú
ôÒôB -x Ò_ Ò í B\ -Ófp îBf ^xú îB6í 8Ò8 _úf fpú8î Ò ôx_Ò8pú ú- xf
ôú _ÒôÒî C8 _Ó\ ôÒ p_Òf ú- ôúfúî B+

/RV EHQHILFLRV DP ELHQWDOHV VRQ QRWDEOHV (VWRV SO£VWLFRV S
PLFURSO£VWLFRV HQ VXHORV \ DJXDV GLVPLQXLU ODV HPLVLRQHV G
GHULYDGDV GH OD JHVWLµQ GH UHVLGXRV \ UHGXFLU OD GHSHQGHQ
SURGXFWRV SXHGHQ FRPSRVWDUVH HQ LQVWDODFLRQHV LQGXVWULD

6LQ HPEDUJR SHUVLVWHQ GHVDI`RV \$OJXQRV PDWHULDOHV UHTXLH
GHJUDGDUVH FRPSOHWDPHQWH \ OD GHVFRPSRVLFLµQ LQFRPSOHWD
PLFURSO£VWLFRV \$GHP£V OD SURGXFFLµQ D JUDQ HVFDOD SXHGH F
SRU WLHUUD \ UHFXUVRV JHQHUDQGR GHEDWHV VREUH VX YLDELOLO

/D LQQRYDFLµQ LQGXVWULDO \ HO DSR\R GH SRO`WLFDV S¼EOLFDV V
FLUFXLWR FHUUDGR PHMRUDU HO HWLTXHWDGR SDUD ORV FRQVXPL
FRPSRVWDELOLGDG DXPHQWDU£ OD HILFDFLD \ OD FRQILDQJD /RV JF
FRQ LQFHQWLYRV ILQDQFLDFLµQ GH LQYHVWLJDFLµQ \ UHVWULFFLR
VROR XVR

/D HYROXFLµQ GH ORV SO£VWLFRV ELRGHJUDGDDEOHV UHSUHVHQWD C
UHVSRQVDELOLGDG DP ELHQWDO &RQ XQ GHVDUUROOR FXLGDGRVR \
D\XGDU D FRQVWUXLU XQ IXWXUR P£V OLPSLR \ VRVWHQLEOH

J Û Æ 4 ú î ! Ý ú ô ¢ Á Å ¢ î £ Ý ! Å ¢ » Ý ú Á Æ × £ Á £ » î Å
î Û Ý ô Á ! Ý Å ¢ Ö £ ¼ Å ¢ ´ ¢ î £ ¢ ú î î ! Ý ú ô ¢ Á Å ¢ ú ¼ Æ £ ö

§, •W 2 2³¥ W I •2,—¥ ‡³Ë Ë—¥ 2~³ I ¼Ë— •% W § 2 Ü C Ë— Ë I Ô % W
•% Ë— —, I ¥— 2 § Ë— •2,—¥ ‡³Ë— ¥ % , ¼ ¥ W I I Ë 2— C Ë ¥ ¥ Ë I ¥ ¼ Ë—
¼ ì ° W C •W — Ë % 3 Ë I ° W C § % , I ¥ C Ë % — Ë ¥ ¼ ì ° , % ñ Ë— ¼ Ë ¼ ì ° Ë ¥
•2,—¥ ‡³Ë— § W ¼ ì ñ % , ¼ , § 2 Ë— 3 ° W I ´³— •W³ % — Ë ¼ ì ° W C •W — Ë
° W I ¼ ¥ W I— I , ¥³ % Ë 2 2 Ë— 3 , • , % , — — Ë I ¥ ° W C C Ë ³ I Ë — W 2³ ¥ W

- Ë— C , ¥ ì % , ³ â — W I ¥ — W³ Ô Ë I ¥ ï , § % ‡³ ì — — • , % ¥ % ¼ Ë % Ë—
° W C C Ë 2 ~ , C ¼ W I ¼ Ë C , — 3 2 , ° , I I Ë — —³ ° % Ë W³ 2 Ë— , 2 ñ³ Ë—
¼ ì ° W C •W — ì — • , % 2 Ë— C ° % W Z W % ñ , I — C Ë— Ë I Ë , ³ 3 ¼ W â â ¼
I , ¥³ % Ë 2 2 Ë 2 § Ë— , Ô , I ° ì Ë— Ë I ° C Ë ¼ Ë— •W 2 â C Ü % Ë— W I ¥ •
I W³ Ô Ë , ³ â § W •2,—¥ ‡³Ë— , 2 2 , I ¥ % W §³— ¥ Ë— — Ë — 2 ~³ — , ñ Ë Ë
ì 2 C I , ¥ W I 2

/HV DYDQWDJHV HQYLURQQHPPHQWDX[VRQW FRQVLGpUDE
OªDFFXPXODWLRQ GH PLFURSODVWLTXH HV GDQV OHV VROV
VHUUH OLpHV DX WUDLWHPHQW GHV GpFKHWV HW GLPLQX
SHXYHQW PrPH rWUH FRPSRVWpV LQGXVWULHOOPHQW R

'HV GpILV VXEVLVWHQW QpDQPRLQV &HUWDLQV SURGXLV
GpJUDGHU FRPSOqWHPHQW HW XQH GpFRPSRVLWLRQ LQF
SURGXFWLRQ j JUDQGH pFKHOOH SHXW pJDOHPHQW HQWU
SRXU OHV WHUUVHV HW OHV UHVVRXUFHV SRVDQW GHV TX

/ªLQQRYDWLRQ LQGXVWULHOOH HW OH VRXWLHQ GHV SRC
OH UHF\FODJH HQ FLUFXLW IHUPp XQ pWLTXHWDJH FODL
FRPSRVWDEOLWp UHQIRUFHURQW OD FRQILDQFH /HV JR
GHV LQFLWDWLRQV GHV ILQDQFHPPHQWV HW GHV UHVWUL
XQLTXH

/ªpYROXWLRQ GHV SODVWLTXH V ELRGpJUDGDDEOHV LOOXV
OD UHVSRQVDEOLWp HQYLURQQHPPHQWDOH \$YHF XQ GpY
DSSURSULpH LOV SHXYHQW FRQWULEXHU j XQ DYHQLU S

